ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 8 décembre 1921, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Félix Mesnil** pour occuper, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, la place vacante par le décès de M. *Edmond Perrier*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Félix Mesnil** prend place parmi ses confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Noël, la prochaine séance aura lieu le mardi 27 décembre au lieu du lundi 26.

M. **le Président** s'exprime en ces termes :

M. **Henry Parenty** vient de mourir à Paris, le 16 décembre 1921; il était Correspondant de notre Section de Mécanique depuis le 2 février 1914.

Né à Arras, le 8 avril 1851, il était entré à l'École Polytechnique en 1870 et en était sorti dans le Corps des ingénieurs des Manufactures de l'État. Il parvint au grade de directeur et dans la dernière partie de sa carrière, il fut à la tête de l'importante fabrique de tabacs de Lille. Il prit sa retraite en 1918, après avoir fait partie de la phalange de savants français qui, par la fermeté de leur attitude, ont dignement soutenu l'honneur français en face des envahisseurs.

Nos grands services publics fournissent d'excellents sujets d'études aux ingénieurs qui sont chargés d'en assurer le fonctionnement et qui subissent l'attrait de la recherche scientifique. C'est ce qui arriva pour M. Parenty. Son œuvre scientifique est considérable.

Il a consacré de longues années d'études à la recherche des moyens industriels propres à mesurer le débit des fluides par l'évaluation des pressions extrêmes.

Ses recherches ont d'abord porté sur les gaz et sur la vapeur d'eau. La discussion des expériences de Hirn et celle de très nombreuses expériences personnelles l'ont amené à représenter le débit d'un gaz parfait, dès que la perte de charge est importante, par l'ordonnée d'un quadrant d'ellipse dont la différence de charge est l'abscisse : ce quadrant qui, pour certaines valeurs des constantes, devient un quart de cercle est prolongé à partir du sommet culminant par la tangente en ce point, de sorte que le débit est constant lorsque la pression d'aval est moindre qu'une fraction déterminée de la pression d'amont; ce résultat est conforme à la théorie d'Hugoniot et M. Boussinesq a montré qu'il est conforme à l'ensemble des théories admises.

Le jet défini par la formule ainsi établie est une nappe évidée; son axe est formé par une succession de particules, présentant des ventres et des nœuds qui rappellent les cyclones et anticyclones de l'atmosphère. M. Parenty les a déterminés par une série de sondages au moyen de pipettes communiquant à des tubes très fins et M. Emden les a rendus visibles par la photographie.

Ces recherches théoriques sont connexes d'applications industrielles, pour lesquelles M. Parenty a inventé divers appareils :

Compteur de vapeur (1886), qui permet à un chef d'usine de se rendre compte de la dépense d'eau d'une chaudière. Ce compteur repose sur la mesure de la perte de charge subie par la vapeur à travers un orifice convergent, perte de charge mesurée par un manomètre comparativement avec la pression totale.

Jaugeurs automatiques de l'eau s'écoulant dans les rivières et les canaux découverts : de là les régulateurs et partiteurs pour les irrigations agricoles; une application importante en a été faite en Egypte, à Pord-Saïd, pour le débit des filtres d'assainissement des eaux du Nil; une application semblable fonctionne en France pour les eaux d'égout.

Compteurs pour le gaz d'éclairage, s'appliquant à de très faibles pressions.

Tous ces travaux et ces inventions s'enchaînent les uns avec les autres et forment un ensemble complet.

Mais l'esprit très ingénieux et sans cesse épris d'idées nouvelles, qu'était M. Parenty, l'ont amené en différentes circonstances à s'occuper de questions très différentes.

On lui doit une machine à fumer les cigares, permettant d'apprécier leur combustibilité.

Il est l'auteur d'un procédé d'extraction industrielle de la nicotine contenue dans le tabac.

Il s'est occupé de la concentration par le froid des extraits végétaux liquides.

Il a montré comment on pouvait par un cliché photographique fondé sur l'emploi des rayons X reconstituer certains détails invisibles de tableaux anciens.

Il est l'auteur d'un livre qui intéresse à la fois les physiciens et les philosophes intitulé : *Les tourbillons de Descartes et la science moderne*.

Depuis sa retraite comme ingénieur des manufactures de l'État, M. Parenty était venu habiter Paris et il assistait régulièrement à toutes nos séances. Il ne laisse que des regrets à tous ceux qui l'ont connu.

En offrant à l'Académie le premier Volume d'un Ouvrage intitulé *Minéralogie de Madagascar* (¹), M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Bien souvent, j'ai eu l'occasion d'appeler l'attention de l'Académie sur mes recherches concernant la Minéralogie de Madagascar. Des circonstances favorables m'ont permis d'être le premier à décrire à peu près tous les minéraux et toutes les roches actuellement connus dans la Grande Ile. En outre de ces documents précieux, j'ai concentré dans mon laboratoire du Muséum des milliers d'échantillons d'un intérêt individuel souvent minime, mais dont la réunion constitue un ensemble d'nne grande importance. Il m'a paru nécessaire de ne pas laisser perdre cette *poussière d'observations*, que je dois à des administrateurs, à des officiers, à des voyageurs, à des prospecteurs de bonne volonté. Leur étude, jointe à celle des matériaux principaux et coordonnée grâce à des recherches personnelles sur le terrain,

(¹) *Minéralogie de Madagascar*. Tome I : *Géologie. Minéralogie descriptive*. 1 vol. in-4°. (I-XVI + 1-624 pages + 27 planches hors texte et une carte physique + 504 esquisses géologiques et figures géométriques). Paris, Augustin Challamel, éditeur.

m'ont amené à écrire le Livre dont j'offre aujourd'hui le premier Volume à l'Académie.

L'établissement de la constitution minéralogique et lithologique d'un pays aussi vaste que Madagascar dépasse les forces d'un seul homme, surtout lorsque celui-ci doit travailler sur des matériaux principalement recueillis par d'autres que par lui-même, surtout aussi quand ce pays se trouve sous les tropiques et que son sol latéritisé, en partie couvert par la brousse ou la forêt, n'est véritablement exploré à ce point de vue que depuis un quart de siècle. Aussi bien n'ai-je eu à aucun moment la prétention de faire une œuvre définitive; mon dessein a été d'établir une base, aussi solide que possible, qui puisse servir de point de départ à des recherches méthodiques ultérieures. Je me considérerais comme récompensé de mon labeur de 25 ans si ma publication devait clôturer la période héroïque de l'étude minéralogique de la Colonie, celle de l'abandon de cette étude à l'initiative privée.

Ce Livre est divisé en deux Volumes, composés de quatre parties d'importance inégale : les deux premières constituent le Tome I.

La *Première Partie* comprend une esquisse géographique, fort brève, puis un exposé dans lequel j'ai cherché à mettre en relief les trois entités géologiques caractérisant la géologie de Madagascar : les *schistes cristallins* et les *roches éruptives anciennes* qui constituent les trois quarts de la Colonie, qui en sont en quelque sorte l'ossature; les *sédiments* qui flanquent le Massif cristallin vers l'Ouest; enfin, les nombreux *centres volcaniques*, dispersés aussi bien parmi les sédiments que sur le môle ancien.

En raison des conditions exposées plus haut, il ne saurait être question de détails, de stratigraphie ni *a fortiori* de tectonique. J'ai dû me contenter d'une sorte d'énumération raisonnée qui permettra aux travailleurs de l'avenir de savoir dans quelle direction ils devront orienter leurs recherches. Mon but principal étant d'ailleurs d'ordre minéralogique, j'ai voulu surtout, dans cette première Partie, situer dans leur milieu, avec la précision compatible avec les données recueillies, les innombrables localités d'où proviennent les minéraux et les roches dont l'étude constitue la portion essentielle de mon œuvre. La *carte géologique* qui accompagnera le Tome II synthétise les résultats acquis.

La *Deuxième Partie*, plus ample que la précédente, est réservée à l'étude des minéraux considérés en eux-mêmes. J'ai suivi un plan analogue à celui qui fait l'originalité de ma *Minéralogie de la France et de ses colonies*. Pour chaque espèce, j'ai établi toutes les conditions géologiques dans

lesquelles elle a été rencontrée à Madagascar, puis j'ai donné pour chacune de ces conditions des exemples caractéristiques, en précisant les particularités cristallographiques, chimiques ou autres, qui sont l'apanage de l'espèce considérée dans ses divers types de gisement. Près de 500 figures d'interprétation géométrique accompagnent le texte, alors que des photographies représentant les cristaux eux-mêmes sont données dans 27 planches hors texte. J'ai voulu réaliser ainsi une démonstration nouvelle de la façon dont je comprends l'histoire naturelle des minéraux, et qui consiste, tout en ne négligeant la connaissance d'aucune de leurs propriétés physiques ou chimiques, à mettre en évidence le rôle qu'ils jouent dans la nature.

La minéralogie de Madagascar, telle qu'elle résulte des observations actuelles, présente un cachet très spécial, c'est essentiellement une minéralogie de silicates, d'oxydes et de niobates. Il n'y existe que peu de métaux natifs en dehors de l'or, extrêmement peu de sulfures et, par suite, un très petit nombre de minéraux oxydés, carbonatés, sulfatés, phosphatés, arséniatés, etc. qui, généralement, se forment à leurs dépens. Parmi les silicates, l'intérêt se concentre sur ceux des roches métamorphiques et surtout sur ceux des pegmatites, parmi lesquels abondent les minéraux à terres rares. Plus d'une espèce nouvelle a été découverte parmi eux.

Le second Volume, consacré à la *Minéralogie appliquée* et à la *Lithologie*, est en cours d'impression et paraîtra dans quelques mois.

Ce Livre étant essentiellement un Ouvrage de références, il était indispensable que toutes les indications géographiques pussent être contrôlées et la position des localités citées facilement retrouvées. Un tel résultat ne saurait être obtenu sans de grandes difficultés.

La toponymie malgache présente en effet cette particularité, que presque tous les noms de lieux ont une signification. Comme les idées ou les choses qu'ils représentent sont généralement simples, il en résulte que les mêmes termes reviennent souvent; c'est par dizaines ou par centaines que l'on compte dans l'île les *Ambatomainty* [à la pierre noire], les *Ranomafana* [là où il y a de l'eau chaude], les *Sabotsy* [là où il y a un marché le samedi], etc. Aussi la plupart des indications toponymiques doivent-elles être complétées par l'indication de points de repère suffisants. Une autre conséquence de cette particularité est que les moindres fautes orthographiques sautent aux yeux de quiconque connaît la langue malgache et j'ai tenu à ne pas faire souffrir ceux-ci, comme ils souffrent en lisant la plupart des Ouvrages concernant la Grande Ile et qui sont imprimés loin d'elle.

Pour arriver à mon but, j'ai eu recours à l'érudition et à l'obligeance de malgachisants de marque : MM. Alfred et Guillaume Grandidier, le gou-

verneur Jullien, mais j'ai trouvé surtout un concours, aussi compétent que dévoué, en la personne de M. Dandouau, ancien secrétaire de l'Académie malgache, qui a bien voulu revoir avec moi mon texte aux points de vue linguistique et géographique. L'orthographe de chaque nom a été discutée, puis sa position géographique repérée, dans la mesure du possible, sur les diverses cartes de la Colonie. Un index géographique a été établi, dans quoi le lecteur trouvera (Tome II) plusieurs milliers de noms ou d'expressions géographiques, il constitue un véritable dictionnaire de géographie géologique et minéralogique malgache. Par toutes ces précautions, j'espère avoir réduit au minimum les erreurs qui, d'ailleurs, ne sauraient être évitées complètement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La théorie du jeu et les équations intégrales à noyau symétrique*. Note de M. **Émile Borel**.

Considérons un jeu où le gain dépend à la fois du hasard et de l'habileté des joueurs et bornons-nous au cas de deux joueurs A et B et d'un jeu symétrique, de sorte que si A et B adoptent la même méthode de jeu, leurs chances sont égales. On peut se proposer de rechercher s'il est possible de déterminer une méthode de jeu meilleure que les autres, c'est-à-dire qui donne au joueur qui l'adopte une supériorité sur tout joueur qui ne l'adopte pas. Précisons d'abord ce que nous devons entendre par une méthode de jeu : c'est un code qui, dans toutes les circonstances possibles (supposées en nombre fini), fixe exactement ce que le joueur doit faire. Dans la plupart des jeux usuels, le nombre des méthodes possibles est extrêmement grand, mais cependant toujours fini. Si le joueur A adopte la méthode C_i et B la méthode C_k, le calcul des probabilités permet de calculer la probabilité de gain de A, que nous appellerons a et celle de B qui sera $b = 1 - a$; nous poserons

$$(1) \qquad \begin{cases} a = \frac{1}{2} + \alpha_{ik}, \\ b = \frac{1}{2} + \alpha_{ki}; \end{cases}$$

les nombres α_{ik} et α_{ki}, compris entre $-\frac{1}{2}$ et $+\frac{1}{2}$, satisfont à la relation

$$(2) \qquad \alpha_{ik} + \alpha_{ki} = 0.$$

La symétrie du jeu s'exprime par les relations

$$(3) \qquad \alpha_{ii} = 0.$$

Nous dirons qu'une manière de jouer C_i est mauvaise, si α_{ih} est négatif ou nul quel que soit h; nous exclurons les manières de jouer mauvaises; après cette exclusion, il pourra y avoir d'autres manières de jouer qui seront devenues mauvaises; ce sont les manières C_j telles que α_{jk} soit négatif ou nul quelle que soit la manière C_k non précédemment exclue comme mauvaise; nous continuerons cette exclusion jusqu'à ce qu'il ne subsiste plus de manière de jouer mauvaise; il pourra arriver alors qu'il y ait une manière de jouer indifférente C_0 telle que α_{0k} soit nul quel que soit k; nous laisserons provisoirement ce cas de côté; les manières de jouer C_h qui subsistent sont alors telles que α_{hk} est positif pour au moins une valeur de k; s'il existait une manière de jouer C_h telle que α_{hk} soit toujours positif ou nul, cette manière de jouer serait la meilleure. Dans le cas où cette meilleure manière n'existe pas, on peut se demander s'il n'est pas possible, à défaut d'un code choisi une fois pour toutes, de jouer d'une manière avantageuse en variant son jeu. Si l'on veut formuler une règle précise pour varier le jeu, cette règle ne faisant intervenir que les faits observés dans le jeu, et non pas des remarques psychologiques sur le joueur auquel on est opposé, cette règle équivaut forcément à un énoncé tel que le suivant : la probabilité pour que, en un moment donné du jeu, A adopte, pour fixer sa conduite à ce moment, le code C_k est p_k; la probabilité analogue pour B pourra être désignée par q_k et, en désignant par n le nombre des codes qui subsistent, on a

$$(4) \qquad \sum_1^n p_k = 1, \qquad \sum_1^n q_k = 1.$$

La probabilité de gain de A est, en tenant compte de (1), (2), (3) et (4),

$$\sum_1^n \sum_1^n \left(\frac{1}{2} + \alpha_{ik}\right) p_i q_k = \frac{1}{2} + \alpha;$$

en posant

$$(5) \qquad \alpha = \sum_1^n \sum_1^n \alpha_{ik} p_i q_k = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{k=1}^{k=i-1} \alpha_{ik}(p_i q_k - p_k q_i).$$

Dans le cas particulier où $n = 3$, cette formule devient

$$(6) \qquad \alpha = \begin{vmatrix} p_1 & p_2 & p_3 \\ q_1 & q_2 & q_3 \\ \alpha_{23} & \alpha_{31} & \alpha_{12} \end{vmatrix}$$

Si, comme nous le supposons, aucune des trois manières de jouer

C_1, C_2, C_3 n'est mauvaise, on voit immédiatement qu'aucune des trois n'est meilleure que les autres; les trois nombres α_{23}, α_{31}, α_{12} sont donc de même signe; il est facile de trouver des nombres positifs p_1, p_2, p_3 satisfaisant à la relation (4), et tels que α soit nul quels que soient les nombres q_1, q_2, q_3. Il est donc possible d'adopter une manière de jouer permettant de lutter avec des chances égales contre tout joueur; cette manière de jouer consiste, avant de prendre une décision quelconque, à tirer au sort dans des conditions qui attribuent respectivement les probabilités p_1, p_2, p_3 aux codes C_1, C_2, C_3. Mais il est aisé de voir que, dès que n dépasse 3, cette circonstance ne se présentera que pour des valeurs très particulières des α_{ik}; en général, quels que soient les p, il sera possible dans (5) de choisir les q de manière que α ait un signe fixé d'avance. Lorsqu'il en est ainsi, quelle que soit la variété introduite par A dans son jeu, du moment que cette variété est définie, il suffit que B la connaisse pour qu'il puisse varier son jeu de manière à avoir un avantage sur A; la réciproque est également vraie; nous devons en conclure que le calcul des probabilités ne peut servir qu'à permettre l'élimination des manières de jouer mauvaises et le calcul des α_{ik}; pour le surplus, l'art du jeu dépend de la psychologie et non des mathématiques.

Il est aisé d'étendre les considérations précédentes au cas où les manières de jouer forment une infinité continue; si l'on veut embrasser à la fois les cas du continu et du discontinu, il faudra remplacer les relations (4) par des relations telles que les suivantes :

$$(7)\quad \left\{\begin{aligned} &\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} d\varphi(x, y) = 1, \\ &\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} d\varphi_1(x_1, y_1) = 1, \end{aligned}\right.$$

les fonctions croissantes φ et φ_1 dépendant, par exemple, de deux variables, et les intégrales étant définies au sens de Stieltjes. Ces fonctions définissent les manières de jouer des joueurs A et B; la probabilité de gain est définie par une fonction symétrique gauche $f(x, y, x_1, y_1)$, c'est-à-dire que la relation (2) est remplacée par

$$(8)\quad f(x, y, x_1, y_1) = -f(x_1, y_1, x, y).$$

La valeur de α est alors donnée par l'intégrale de Stieltjes

$$(9)\quad \alpha = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y, x_1, y_1)\, d\varphi(x, y)\, d\varphi(x_1, y_1).$$

De nombreux problèmes sur un tel jeu peuvent donc être ramenés à l'étude d'équations intégrales à noyau symétrique gauche; ce noyau dépend des conventions du jeu, tandis que les formes diverses des équations intégrales dépendent des problèmes posés.

Parmi les jeux pour lesquels les manières de jouer forment une double infinité continue, l'un des plus simples est le suivant : A et B choisissent chacun trois nombres positifs dont la somme est égale à 1 :

$$(10)\qquad \begin{cases} x + y + z = 1, \\ x_1 + y_1 + z_1 = 1 \end{cases}$$

et chaque joueur range dans un ordre déterminé les nombres qu'il a choisis. A gagne si deux des nombres choisis par lui sont supérieurs aux nombres correspondants de B, c'est-à-dire si l'on a

$$(11)\qquad (x_1 - x)(y_1 - y)(z_1 - z) > 0,$$

et perd dans le cas contraire; la partie est nulle si l'inégalité (11) se transforme en égalité. On peut naturellement généraliser de bien des manières en remplaçant (10) et (11) par d'autres relations.

Une forme très simplifiée de ce jeu, intéressante à étudier comme illustration de ce qui précède, consiste à supposer les nombres x, y, z, x_1, y_1, z_1 entiers positifs satisfaisant aux relations [1]

$$(12)\qquad \begin{cases} x + y + z = 7, \\ x_1 + y_1 + z_1 = 7. \end{cases}$$

Le gain ou la perte dépendent toujours du signe du produit (11). Le nombre 7 est le plus petit des entiers pour lequel le jeu ne comporte pas des manières de jouer supérieures aux autres.

Les problèmes de probabilités et d'analyse que l'on pourrait se poser à propos de l'art de la guerre ou des spéculations économiques et financières ne sont pas sans analogie avec les problèmes relatifs aux jeux, mais avec un degré de complication en général bien plus élevé. Pour leur solution pratique, l'esprit géométrique doit être aidé par l'esprit de finesse. Le seul conseil que le géomètre puisse donner, en l'absence de tout renseignement

---

[1] On peut, pour concrétiser ce jeu, supposer que x, y, z désignent des nombres de cartes choisies librement par chaque joueur (ou bien distribuées par des combinaisons où interviendraient à la fois le hasard et la volonté du joueur); le jeu de A se compose donc de x trèfles, y carreaux et z cœurs, et A gagne B s'il l'emporte numériquement dans deux des couleurs.

psychologique, au joueur A dont l'adversaire B cherche à utiliser les remarques précédentes, c'est de varier son jeu de telle manière que les probabilités attribuables par un observateur extérieur à ses diverses manières de jouer ne soient jamais définies; la fonction $\varphi(x, y)$ doit donc varier à chaque instant, et varier sans suivre *aucune loi;* on peut douter qu'il soit possible d'indiquer un moyen effectif et sûr de mettre en action un tel conseil; il semble que, pour le suivre à la lettre, il faudrait une incohérence totale d'esprit, alliée, bien entendu, à l'intelligence nécessaire pour éliminer les méthodes que nous avons qualifiées de mauvaises.

GÉOLOGIE. — *Résumé de nos connaissances sur la nappe de Suzette (âge précis, constitution, extension); la question de son origine.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Léonce Joleaud.**

Nous avons, dans une Note récente [1], exposé les résultats de notre dernière campagne qui concernent la *nappe de Suzette.* Cette curieuse entité tectonique est désormais bien définie, et l'histoire de son cheminement sur la région du Rhône sera l'un des beaux chapitres de l'histoire générale des Alpes occidentales.

Résumons rapidement nos connaissances à son sujet :

Age précis. — La nappe de Suzette s'est étendue, à la façon d'un manteau, sur une série antérieurement plissée qui comprend surtout des terrains secondaires (Jurassique et Crétacé), mais qui renferme aussi de l'Oligocène. Cet Oligocène monte jusqu'au Chattien (couches à *Helix Ramondi*). La nappe est donc post-chattienne. D'autre part, elle est recouverte par le Burdigalien, qui est nettement postérieur à sa mise en place. Son âge est donc aquitanien.

Cet âge est très exactement celui des phénomènes de charriage signalés par nous dans la région d'Avignon [2]. Les mylonites d'Aramon, qui séparent deux écailles de terrain crétacé déplacées l'une par rapport à l'autre, sont post-chattiennes et anté-burdigaliennes. Or les écailles de la région d'Avignon ne sont que les termes supérieurs d'un vaste système

---

(1) *Comptes rendus,* t. 173, 1921, p. 1033-1038. Dans le dernier alinéa de cette Note (p. 1038), une erreur typographique s'est glissée. Il faut lire *se cacher sous la nappe de Suzette,* et non *se cacher sur la nappe de Suzette.*

(2) *Comptes rendus,* t. 168, 1919, p. 1291-1296, et t. 172, 1921, p. 24-28.

d'écailles poussées vers le Massif central ([1]), système qui comprend les *Klippes* de la plaine d'Alais, les *morts-terrains* qui recouvrent le Houiller du Gard, et les écailles multiples de ce Houiller lui-même. A la même époque aquitanienne, la nappe de Suzette, venue des Alpes, a cheminé sur la région du Rhône, et les écailles du Gard ont glissé les unes sur les autres à la façon des cartes d'un paquet de cartes à jouer posé sur une table et poussé latéralement. On est donc très tenté de penser qu'il y a relation entre les deux charriages; que la nappe de Suzette est une *liaison* entre les nappes des Alpes et les écailles du Gard; que celles-ci ont été mises en mouvement par celles-là.

Lorsque la nappe de Suzette s'est avancée sur la région du Rhône, il y avait eu déjà de très fortes érosions dans le pays autochtone plissé. Le plissement de ce pays avait commencé dans l'Éocène (phase *pyrénéenne* de plissement, avec direction de plis voisine de Est-Ouest); il s'était accentué avant et pendant le Chattien (phase *alpine* de plissement, avec direction de plis variant de N-S à NE-SO). L'érosion semble avoir été très active pendant tout l'Oligocène.

Constitution. — Dans la nappe de Suzette, il n'y a plus aujourd'hui que du Trias. C'est vainement que nous y avons cherché des témoins, ou des débris, de terrains d'un autre âge.

Ce Trias de la nappe de Suzette est presque exclusivement formé de cargneules. Les argiles y sont relativement rares; elles accompagnent le gypse, qui n'est ni fréquent, ni abondant; ce sont des argiles grises ou noires, habituellement, et les teintes rouges et jaunes, presque constantes dans les cargneules, fréquentes aussi dans le gypse, ne sont pas communes dans les argiles. La célestine, mêlée d'un peu de barytine, apparaît çà et là avec le gypse; elle est blanche et cristalline, et non pas en rognons pierreux comme la célestine d'un certain niveau de l'Oligocène. Aux cargneules s'associent parfois des calcaires et des dolomies plus ou moins bien lités, souvent en plaquettes, blancs, gris, jaunes, bruns ou rouges. Presque toujours ces calcaires et dolomies sont brisés et confusément mêlés aux cargneules mylonitiques. C'est dans des calcaires semblables, en plaquettes jaunes, que nous avons, à Mérindol, trouvé des fossiles.

La stratification est le plus souvent invisible, presque toujours confuse. Les cargneules sont concassées et broyées. *En réalité, la nappe de Suzette*

([1]) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1034-1038, et t. **169**, 1919, p. 143-146, 583-586, 752-758 et 1371-1376.

est une immense mylonite de Trias, faite aux dépens d'un Trias où dominaient, de beaucoup, les calcaires magnésiens : ce sont les calcaires magnésiens qui ont donné les cargneules, et leur *cargneulisation* a été grandement facilitée par l'écrasement.

Dans ce Trias mylonitique, il n'y a pas de grès; mais nous y avons trouvé un fragment, un seul jusqu'ici, de quartzite blanc, semi-métamorphique, à séricite et à tourmaline, du type des quartzites triasiques très cristallins de la Vanoise et du Briançonnais oriental.

Le Trias de la nappe est minéralisé. Il en sort des eaux salées et purgatives. Ces eaux ont apporté et laissé cristalliser, dans les terrains secondaires sous-jacents, des sulfates de strontium et de baryum, des sulfures de zinc et de plomb, de la smithsonite. La relation entre la nappe et les gisements de minerais plus ou moins utiles est évidente à Auzière, à Propiac et à Condorcet. Dans les cassures des calcaires marneux du Séquanien, les eaux issues de la nappe ont formé de la smithsonite (calamine), souvent très pure; dans les schistes argileux de l'Oxfordien et du Callovien, elles ont donné naissance à de la blende, accessoirement à de la galène.

Extension. — Le lambeau le plus occidental de la nappe de Suzette est celui du massif de Gigondas; le plus oriental (parmi ceux dont l'attribution à la nappe de Suzette est certaine) se trouve à Lazer : de l'un à l'autre, il y a une distance d'environ 70^{km}.

L'extension vers le Nord est jalonnée, non pas seulement par les lambeaux de Condorcet et de Montrond (les plus septentrionaux qui subsistent actuellement), mais par les gîtes de zinc d'Orpierre, de Luc-en-Diois, de Brette, de Menglon, dont le rattachement à la nappe n'est pas douteux. De l'ancien gîte de Menglon (près Chatillon-en-Diois) au bord sud du massif de Gigondas (près Beaumes-de-Venise), la distance est de 70^{km} également.

Il est donc très certain que la nappe de Suzette a recouvert, d'un manteau quasi-horizontal qui s'est ultérieurement ondulé et plissé, un territoire d'au moins 5000^{km^2} de superficie, allant (aujourd'hui) des hauteurs entre Durance et Buëch aux environs d'Orange, dans le sens Est-Ouest, et du bord nord de la Montagne-de-Lure aux environs de Die, dans le sens Sud-Nord. L'épaisseur de ce manteau de Trias mylonitique atteint encore, actuellement, 100^{m} en quelques points (entre Montaulieu et l'Eygues, à Lazer, aux environs de Suzette); elle a dû être bien plus forte autrefois.

Il est extrêmement probable que l'extension réelle de la nappe, au moment de son maximum, a été beaucoup plus grande; qu'elle a dépassé

Orange, vers l'Ouest, et atteint le Rhône; et que, vers le Nord, elle s'est avancée jusqu'à Valence. La liaison tectonique de la nappe avec le système d'écailles observé sur la rive droite du Rhône et sur le bord est du Massif central paraît alors toute naturelle.

Question de l'origine de la nappe. — Reste à préciser l'origine de la nappe ou, ce qui revient au même, l'emplacement de sa racine. A ce sujet, nous sommes encore dans l'incertitude et la question appelle un supplément de recherches sur le terrain. Voici, pour le moment, les résultats acquis.

Tout d'abord, il est absolument certain que la nappe de Suzette vient des Alpes. L'hypothèse qui la ferait venir du Massif central est tout à fait invraisemblable : d'une part, le Trias cévenol, où les grès sont fréquents, ne ressemble point, lithologiquement, au Trias de Suzette; d'autre part, les charriages du Gard, à l'époque aquitanienne, sont *nettement* dirigés de l'Est à l'Ouest, ou du Sud-Est au Nord-Ouest, et montent à l'assaut du Massif central.

L'hypothèse qui ferait venir la nappe de Suzette de la Provence, qui ferait d'elle un prolongement de l'une des grandes nappes provençales, n'est pas plus acceptable : les nappes provençales, d'une part, étaient depuis longtemps mises en place quand s'est produit le charriage de Suzette; et d'autre part, le faciès du Trias de Provence, avec son Muschelkalk très fossilifère et son Keuper riche en argiles bariolées et en gypse, diffère beaucoup du faciès observé dans notre nappe. La seule hypothèse recevable est celle de l'origine alpine.

La nappe de Suzette vient d'une région des Alpes où le Trias était très puissant : on ne comprendrait pas, sans cela, qu'une nappe aussi épaisse fût exclusivement formée d'éléments triasiques. Elle vient d'une région des Alpes, où, dans le Trias, dominait le faciès nettement marin, le faciès *calcaire magnésien*, et où le régime lagunaire, pendant cette période triasique, ne se réalisait que çà et là, localement, et chaque fois pour une courte durée. Enfin elle vient d'une région des Alpes où, à un certain moment du Trias, et sans doute au début de la période, des sables quartzeux très fins et très purs se sont déposés, qui sont devenus plus tard des quartzites et ont même subi une recristallisation, une sorte de semi-métamorphisme, allant jusqu'à la production d'aiguilles de tourmaline et de paillettes de séricite.

Notre première idée [1] avait été, tout naturellement, de chercher la racine de la nappe de Suzette dans la zone subalpine, dans la région de plis

---

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 412.

aigus, sinueux, souvent déversés à l'Ouest ou au Sud-Ouest, qui courent de Digne vers Gap, et qui ont fait, il y a quelque 30 ans, l'objet des belles études de M. Émile Haug (¹). C'est pour vérifier cette idée que nous avons visité la vallée de la Sarre et les hauteurs au-dessus de Clamensanne. Mais nous n'avons pas trouvé, dans notre visite, la confirmation de l'hypothèse.

Les plis aigus dont nous parlons se déversent, à la vérité; mais leur déversement est local et capricieux; il n'a pas l'intensité, la continuité, l'unité de sens, qui caractérisent habituellement le déversement des plis dans un pays où s'enracinent de grandes nappes.

Le Trias de la Sasse ne semble pas avoir l'épaisseur qu'il faudrait qu'il eût pour avoir été l'origine de la nappe de Suzette. Enfin, ce Trias sulbalpin, quoique riche en cargneules, ne nous a pas paru posséder le vrai faciès Suzette : il renferme, à Barles, des grès, qui sont de véritables grès, non des quartzites; le gypse et les argiles bariolées y jouent un rôle trop important; le faciès lagunaire y domine trop. Les deux petits lambeaux de recouvrement, formés de terrains triasiques, que M. Haug a signalés près de Nibles et qui sont dessinés sur la carte géologique (feuille *Digne*), ne ressemblent guère à des témoins de la nappe de Suzette. L'un d'eux est surtout constitué par des grès quartzeux grossiers, qui, malgré leur couleur blanche, diffèrent profondément des quartzites du Trias briançonnais; l'autre est exclusivement formé de calcaires magnésiens brunissants, renfermant de nombreux débris de schistes micacés. Il est bien probable que ces lambeaux proviennent du pli triasique voisin (pli d'Entraix), comme l'a supposé M. Haug (²); mais leurs roches ne sont point des roches de Suzette, et cela suffit pour que le rattachement de la nappe de Suzette au pli d'Entraix et à l'écaille de Trénom soit difficilement admissible.

Notre impression, actuellement et jusqu'à plus ample informé, est que la racine de la nappe de Suzette doit être cherchée plus loin vers l'Est, en pleine région alpine; que la nappe de Suzette est une *nappe briançonnaise;* qu'elle est le prolongement occidental, étendu autrefois jusqu'au Rhône, de l'une de ces grandes nappes de l'Ubaye que MM. Haug et Kilian nous ont fait connaître dès 1892, nappe peu à peu débarrassée de ses terrains éogènes, crétacés et jurassiques, et réduite à une *âme* triasique, presque toujours écrasée et transformée en mylonite. On sait que ces nappes de

(¹) Ém. Haug. *Les chaînes subalpines entre Gap et Digne*, Paris, 1891. Voir aussi, du même auteur, *Environs de Digne et de Sisteron* (*Livret-guide des excursions en France du 8ᵉ Congrès géologique international*, Paris, 1900).

(²) *Loc. cit.*, p. 16 et 17.

l'Ubaye et du Briançonnais sortent de dessous un autre système charrié, qui est le *système des Schistes Lustrés* et qui cache leurs racines. Si cette hypothèse était vraie, la racine de la nappe de Suzette serait invisible; elle se tiendrait en profondeur sous les Schistes Lustrés de la zone frontière franco-italienne, à une distance du Rhône que l'on ne peut guère évaluer à moins de 200^{km}. Le phénomène dont les lambeaux de Suzette sont les très petits témoins prendrait place, dès lors, parmi les plus grandioses de l'orogénie alpine; mais quand on songe que c'est le contre-coup de ce phénomène qui a déplacé d'au moins 50^{km} les écailles du Gard, traîné le Houiller de Molières et de Bessèges sur le Houiller de la Grand'Combe et décalé, sur leur socle cristallin, les terrains secondaires, dans toute la région cévenole sud-orientale, on est porté à croire que l'hypothèse en question donne seule une cause adéquate à d'aussi formidables effets.

PSYCHOLOGIE. — *L'unité psychologique du temps.* Note de M. Charles Richet

I. Quelles que soient les théories de mécanique ou de mathématique sur le temps, il est impossible de ne pas le considérer comme une des formes nécessaires de la pensée. On peut donc étudier le temps au point de vue subjectif seul (indépendamment de toute hypothèse) sans se préoccuper de savoir quelle est la part d'absolu que contient la notion que nous en donne notre conscience.

D'innombrables et excellents travaux ont été faits sur la mesure du temps dans les diverses opérations intellectuelles, et des résultats positifs, concordants, ont été obtenus. Mais ce qui semble avoir peu attiré l'attention des psycho-physiologistes, c'est de déterminer en combien d'éléments simples, unités primordiales, peut se fragmenter ce que nous appelons communément « le temps ».

De même que les physiciens ont mesuré le nombre des vibrations produites en une seconde par une lumière, un son, une étincelle électrique, de même les physiologistes peuvent chercher le nombre de vibrations produites par une pensée élémentaire.

Mais le problème est inabordable sous cette forme, peut-être parce que la pensée n'est pas réductible à un phénomène matériel. En tout cas, on ne voit guère comment se pourrait connaître le nombre des vibrations moléculaires — de quel ordre? — répondant à une pensée simple, si simple

qu'elle soit. Mais ce qui peut se déterminer, c'est le nombre de pensées (simples) dont notre intelligence est capable dans l'unité de temps, c'est-à-dire dans la seconde.

Autrement dit, il y a dans la vie commune, dans les mesures scientifiques, dans le langage universel, une unité de temps qui est la seconde. Il s'agit de préciser quelle est la relation entre cette unité commune du temps et l'unité psychologique du temps.

Le problème peut encore se poser sous une autre forme : « Combien de fois peut-il y avoir de pensées élémentaires par seconde? »

Si nous arrivions à préciser le nombre maximum des pensées élémentaires possibles dans l'unité commune de temps, nous aurions par ce chiffre même déterminé l'unité élémentaire du temps pour la conscience. Car ce nombre maximum de pensées élémentaires possibles en une seconde indiquera combien de fois l'intelligence humaine peut vibrer en une seconde [1].

II. Les physiologistes ont établi depuis longtemps qu'on ne peut guère effectuer plus de 10 mouvements volontaires par seconde. Et cependant le muscle peut réagir aux excitants électriques en donnant jusqu'à 40 mouvements dissociés par seconde. De sorte qu'on a été conduit à supposer que, si le muscle ne peut, sous l'influence de la volonté, se contracter plus de dix fois par seconde, ce n'est pas parce qu'il est incapable d'un mouvement plus rapide, c'est parce que le système nerveux volontaire n'est pas capable d'une vibration plus fréquente [2].

Mais cette conclusion ne semble pas autorisée. Car, lorsqu'un acte est commandé à un muscle, il y a peut-être, dans la contraction musculaire même, quelques conditions mécaniques qui la prolongent, de manière à diminuer en apparence la fréquence maximale des impulsions volontaires.

Il fallait donc se débarrasser de cet *impedimentum* mécanique et sup-

---

(1) Bien entendu, en parlant des vibrations de la pensée humaine, nous faisons une hypothèse. Mais, puisque tous les phénomènes à nous connus peuvent se ramener à des vibrations, nous avons le droit d'assimiler, au moins provisoirement, la pensée à un phénomène vibratoire.

(2) Les insectes ailés peuvent donner jusqu'à 300 battements d'aile par seconde. On peut se demander si à ces 300 battements d'aile correspondent 300 impulsions distinctes. Malheureusement, il ne paraît pas possible actuellement de décider, et de dire que les 300 battements d'aile distincts sont 300 volitions isolées. Il faut, en tout cas, admettre une différence profonde tant de la fonction musculaire que de la fonction intellectuelle chez les insectes et chez les autres animaux.

primer les actions mécaniques extérieures, afin d'étudier alors la fréquence maximale des pensées en une seconde, et cela sans qu'il y ait mouvement extérieur, puisque ce mouvement même est peut-être une cause (mécanique) de ralentissement.

Mais comment mesurer la fréquence maximale de nos pensées? L'expérience m'a semblé pouvoir être faite de la manière suivante :

Si l'on articule une phrase quelconque (sans se soucier d'ailleurs du sens de cette phrase), on peut admettre que l'articulation de chaque syllabe représente, sinon une pensée dans le sens ordinaire du mot, tout au moins une volition, c'est-à-dire un acte intellectuel. C'est un fait d'intelligence que de vouloir dire *A B C*. Et lorsqu'on dit *A B C*, on a eu trois volitions distinctes, trois pensées élémentaires. Il s'agit alors de savoir quelle sera la fréquence maximale de ces articulations successives de voyelles.

Mais comme l'articulation de ces syllabes nécessite des mouvements extérieurs dont la mécanique va peut-être ralentir la succession mentale, il faut se contenter de l'articulation mentale et savoir combien de temps nous mettons à penser une phrase quelconque, quand nous en prononçons mentalement toutes les syllabes avec un maximum de rapidité [1].

Prenons une phrase facile à retenir et assez courte, par exemple : *Allons, enfants de la patrie, le jour de gloire est arrivé*. Cette phrase est de seize syllabes, et la prononciation mentale de chacune de ces syllabes est une volition distincte, un acte intellectuel précis, dont la fréquence dans l'unité de temps indiquera la fréquence maximale des pensées (ou des volitions) dans une seconde.

Pour savoir quelle est la fréquence de ces prononciations mentales de syllabes, il suffira de compter, avec un chronomètre, combien de fois en une minute on aura articulé mentalement ces 16 syllabes susdites. On pourra aussi enregistrer sur un cylindre rotatif, à marche rapide, l'achèvement de ces deux vers, mentalement prononcés. L'enregistrement graphique permettra de connaître la régularité ou l'irrégularité du phénomène.

J'ai maintes fois fait cette expérience, soit sur moi-même, soit sur d'autres personnes. Et alors j'ai constaté ce fait assez singulier que les résultats sont beaucoup plus homogènes qu'on ne serait tenté de le supposer tout d'abord. Je suis arrivé au chiffre moyen de 740, ce qui repré-

---

(1) Dans des travaux antérieurs, avec André Broca, nous avions déjà abordé la question en mesurant la durée de la période réfractaire dans les centres nerveux.

sente 12,3 par seconde. Avec d'autres phrases, j'ai obtenu une rapidité un peu plus grande (13,2). D'autres personnes, moins entraînées à ce bizarre exercice, ont eu un chiffre un peu plus faible, soit 11,5 ou 12. De sorte que finalement je conclurais à un chiffre moyen de 12,5 par seconde. Il me paraît qu'une précision plus grande ne peut être obtenue.

Par conséquent la durée d'une prononciation mentale, autrement dit d'une volition élémentaire, peut être évaluée à $\frac{1}{12,5}$ de seconde, soit à $0^s,08$.

D'autre part, les nombreuses observations faites sur la persistance des impressions visuelles (ou auditives) se succédant avec une fréquence supérieure à 12 par seconde, montrent qu'il y a alors déjà un commencement de fusion des images.

En définitive, nous devons conclure que notre appareil intellectuel a une période vibratoire qui est d'environ $0^s,08$.

On peut donc dire que l'unité psychologique du temps est de $0^s,08$. Et c'est là un fait psychologique dépendant de notre constitution mentale. Cette durée de $0^s,08$, si elle n'est pas une réalité au point de vue absolu, est une réalité à notre point de vue humain.

III. Mais il faut aller plus loin. Car ce n'est pas seulement pour la conscience, mais encore pour toute existence biologique, que le temps est une réalité, et non une abstraction.

Toutes les cellules vivantes sont soumises à une perpétuelle évolution, condition de la vie. Toutes passent par des phénomènes successifs de naissance, de croissance, de sénilité, et de mort. L'ovule fécondé subit des transformations plus ou moins rapides qui aboutissent à la formation d'un être, lequel est successivement jeune, adulte, vieillard, et cette instabilité est la caractéristique de tout être vivant. Quel que soit notre procédé pour mesurer la vitesse de ces mutations, elles se poursuivent fatalement par étapes qui ne sont pas simultanées, mais successives. Or il est impossible de ne pas traduire en langage commun ces successions et de ne pas leur assigner une certaine durée, et une durée qui n'est liée à aucune hypothèse cosmique. Cette durée a une réalité *en soi*. De même nous voyions tout à l'heure que les phénomènes de conscience ont une durée qui est, elle aussi, une réalité *en soi*.

La mesure du temps considéré psychologiquement et physiologiquement est donc indépendante de toute hypothèse. J'oserais même dire qu'elle est supérieure à toute hypothèse, puisqu'elle est liée indissolublement à la fonction de nos organes et au jeu de notre conscience. Elle fait partie intégrante de notre humanité.

Supposons que sur une machine volante prodigieusement rapide un homme fasse le tour de la terre en 24 heures, et que, pendant 10 ans, il continue ce voyage en allant de l'Est à l'Ouest, il sera, *astronomiquement*, resté au même jour, mais il n'en aura pas moins vieilli *physiologiquement* de ce que nous appelons 10 années. *Le temps marche* pour notre conscience et nos organes, indépendamment de tout ce qui n'est pas notre conscience et nos organes, quelle que soit la mesure adoptée.

Même si nous étions entraînés dans l'espace, par suite de quelque plus prodigieuse encore translation, le temps paraîtrait peut-être à un observateur non transporté énormément plus long ou plus court, mais cela nous importerait peu, puisque, à notre point de vue humain, la succession des phénomènes physiologiques serait la même, et que les chronomètres transportés avec nous marqueraient les mêmes durées relatives.

IV. Je conclurai en disant :

1° Que le temps est, pour la conscience, une réalité *en soi*, et que l'unité élémentaire de ce temps est pour la conscience d'un douzième de seconde environ;

2° Que dans le domaine biologique, pour les organes (qui, évoluant perpétuellement, sont soumis à une succession ininterrompue de phénomènes distincts), le temps est une réalité *en soi*, indépendante de toutes nos mesures arbitraires, indépendantes de toutes les contingences extérieures.

PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle des électrolytes électrisés.* Note (¹) de M. G. Gouy.

Une expérience intéressante de M. Félix Michaud montre que la tension superficielle d'un électrolyte ne varie pas sensiblement quand on électrise sa surface (²). L'auteur pense qu'on peut en déduire une objection assez grave à la théorie des ions, parce que ceux-ci, en s'accumulant à la surface électrisée, devraient, semble-t-il, modifier les forces capillaires.

En réalité, ce n'est pas à la théorie des ions elle-même que s'appliquerait l'objection, mais à l'idée assez répandue que la charge est constituée par

(¹) Séance du 5 décembre 1921.

(²) Félix Michaud, *Sur la tension superficielle des liquides électrisés* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 972).

des ions accumulés à la surface même de l'électrolyte. J'ai eu l'occasion de montrer [1] que cette hypothèse n'est pas admissible, parce qu'une petite charge ne diminue pas la pression osmotique à l'intérieur de l'électrolyte, ni par suite le nombre total des ions individuels qui s'y trouvent dans l'unité de volume, aux quantités près du deuxième ordre.

Remarquant ensuite que la distribution des ions doit résulter d'un équilibre entre les forces électriques qui tendent à les rapprocher de la surface où à les en éloigner, et la diffusion (ou la pression osmotique) qui tend à rétablir l'état primitif, j'ai calculé l'état du milieu à une distance quelconque de la surface. La variation de concentration des ions, qui constitue la charge, décroît à partir de la surface, et forme dans l'électrolyte une couche d'épaisseur sensible, qui se raccorde asymptotiquement avec le milieu resté inaltéré.

Considérons la dernière couche du liquide, et les concentrations [2] qu'y possèdent les ions des deux signes avant l'électrisation. Quand celle-ci a lieu, ces concentrations prennent des accroissements Δ_a et Δ_c. Si la charge q par unité de surface est petite, ce qui est toujours le cas pour un condensateur à diélectrique gazeux, les formules deviennent, en unités électrostatiques,

$$\Delta_c = -\Delta_a = q\sqrt{\frac{4\pi N_c \nu_c}{KRT(\nu_a+\nu_c)}} = q\sqrt{\frac{4\pi N_a \nu_a}{KRT(\nu_a+\nu_c)}},$$

ν_a et ν_c sont les valences des deux ions, N_a et N_c leurs concentrations loin de la surface, K le pouvoir inducteur, R la constante des gaz, et T la température absolue.

Suivant le signe de la charge, la concentration de l'un des ions augmente tandis que l'autre diminue, de manière que le nombre total des ions dans l'unité de volume ne varie pas.

Les valeurs Δ ainsi calculées sont très petites. Considérons, par exemple, une solution aqueuse où les deux ions ont même valence, et où l'ion-gramme occupe un volume de 10 litres. Dans l'expérience citée par M. Michaud, on a $q = 2{,}65$. Il en résulte [3]

$$\Delta_c = -\Delta_a = \pm 4{,}8 . 10^{-8}.$$

Ainsi la concentration de chacun des ions près de la surface augmente ou

(1) *Sur la constitution de la charge électrique à la surface d'un électrolyte* (*Journal de Physique*, 1910).

(2) Nombre d'ions-grammes dans l'unité de volume.

(3) On a $N_\alpha = N_c = 10^{-4}$; $K = 80$; $R = 8{,}32 . 10^7$; $T = 288$.

diminue de moins de $\frac{1}{2000}$ de sa valeur, ce qui ne peut évidemment produire aucun effet sensible sur les forces capillaires.

Les calculs dont nous venons de parler supposent qu'en l'absence d'électrisation, les ions sont répartis uniformément dans tout le volume de l'électrolyte. Si l'on suppose, au contraire, que l'uniformité est déjà altérée, près de la surface, par des forces moléculaires, cette répartition se trouvera ensuite modifiée par la charge, dont les effets paraissent devoir être de même sens et de même ordre de grandeur que ceux que nous venons d'examiner.

L'absence constatée d'effet de l'électrisation sur la tension superficielle s'explique donc bien dans la théorie des ions, en renonçant à l'idée d'une accumulation des ions à la surface même, qui entraîne toujours des difficultés (¹).

M. Michaud établit, par un cercle thermodynamique, l'absence complète de l'effet en question. Aucun cycle, appliqué à des objets réels, ne peut donner des résultats exacts à toute approximation; mais, s'il en était ainsi, cela pourrait s'expliquer par une compensation entre les effets capillaires des ions des deux signes, dont l'électrisation fait varier les concentrations en sens inverse.

Les mêmes considérations s'appliquent aux effets optiques de la charge d'un électrolyte. Si les ions s'accumulaient à la surface en quantité suffisante, ils formeraient une couche de constitution différente du reste, et il devrait en résulter, semble-t-il, une polarisation elliptique de la lumière réfléchie, effet optique de la charge qui n'a pas été constaté.

Je ne pense pas, du reste, qu'on doive regarder la petitesse des effets en question comme une nouvelle preuve de l'exactitude de la théorie rappelée plus haut. La charge, ne pouvant guère dépasser huit unités par centimètre carré, correspond à deux ions monovalents pour chaque carré de $0^{\mu},1$ de côté; sur cette petite surface se trouvent 10^5 molécules d'eau. Il se pourrait donc, même si les ions arrivaient à la surface, que leur effet fût inappréciable.

(¹) Dans la cinquième Partie de mon Mémoire, *Sur la fonction électrocapillaire* (*Ann. Phys.*, 1917), on trouvera, au Chapitre II, l'exposé d'une difficulté de cette nature, qui a été l'origine de mes recherches sur cette question.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les mélanges de liquides anisotropes et l'identité des liquides stratifiés de Grandjean avec les liquides du type azoxyphénétol.* Note de MM. G. **Friedel** et L. **Royer**.

La structure à plans équidistants signalée par F. Grandjean ([1]) dans le cyanbenzal-aminocinnamate d'amyle se retrouve dans les autres liquides à pouvoir rotatoire qui réfléchissent des couleurs, comme les sels de cholestéryle. Difficilement visible dans les sels de cholestéryle purs, dont la structure est généralement confuse, elle apparaît avec une magnifique netteté dans les mélanges de ces sels avec les liquides à fils (type azoxyphénétol, azoxyanisol, etc.). Une trace de benzoate de cholestéryle suffit pour faire apparaître dans l'azoxyphénétol ou dans l'azoxyanisol les plans équidistants, d'autant plus espacés que la teneur en sel de cholestéryle est plus faible. Leur observation est aisée dans une fente de clivage de mica.

Ces plans réfléchissent un seul des deux rayons polarisés circulaires (le gauche dans le cyanbenzal-aminocinnamate, le droit dans le benzoate ou l'acétate de cholestéryle), sans affecter aucunement l'autre rayon circulaire. La présence des plans pourvus de cette propriété explique entièrement les couleurs réfléchies par ces corps.

On a pu se demander si ces liquides stratifiés constituaient une troisième forme de la matière, venant s'ajouter aux deux types déjà connus (liquides à coniques et liquides à fils) intercalés entre le type cristallisé et le type amorphe. Il semblait possible aussi qu'ils fussent une forme spéciale des liquides à coniques, dans la structure desquels on est conduit à imaginer une répartition des molécules sur des plans parallèles équidistants (mais à distances moléculaires, tandis que les distances des plans de Grandjean sont de l'ordre d'une demi-longueur d'onde de lumière). L'observation des mélanges, très instructive à beaucoup d'égards, résout la question dans un sens inattendu.

Les mélanges de corps susceptibles de fournir des liquides anisotropes ne laissent jamais apparaître aucun intermédiaire entre les quatre types jusqu'à présent connus de la matière. Liquide à coniques et liquide à fils constituent toujours deux phases parfaitement distinctes, séparées entre elles par une discontinuité absolue, comme elles sont séparées par des discontinuités absolues de la phase cristallisée et de la phase amorphe. Un

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 71.

mélange à parties à peu près égales d'azoxybenzoate d'éthyle (liquide à coniques) et d'azoxyphénétol (liquide à fils) donne, aux hautes températures, un liquide amorphe parfaitement homogène. En abaissant la température, on voit apparaître dans ce liquide, à un premier point de transformation discontinue, les gouttes sphériques d'un liquide à fils, puis *la masse entière* passe ainsi à un liquide à fils, parfaitement identique (quant aux structures, et qualitativement) à celui que fournirait l'azoxyphénétol pur ou tout autre liquide à fils, et qui est la forme qu'adopte, à cette température, le mélange des deux corps. Plus bas, nouveau point de transformation discontinue; dans le liquide à fils, on voit paraître les bâtonnets d'un liquide à coniques, puis *la masse entière* passe ainsi à un liquide à coniques, parfaitement identique (quant aux structures, et qualitativement) à celui que fournirait l'azoxybenzoate pur ou tout autre liquide à coniques, et qui est la forme qu'adopte, à cette nouvelle température, le mélange des deux corps. Plus bas encore, l'azoxyphénétol d'abord, puis l'azoxybenzoate passent à l'état cristallisé, toujours par des transformations discontinues.

A l'ordre près, et à cela près que telle ou telle des phases intermédiaires peut disparaître, il en est toujours de même. Toujours, d'ailleurs, l'état liquide à fils correspond à des températures plus élevées que l'état liquide à coniques. Mais jamais on n'observe aucune transition entre ces quatre types généraux de la matière; jamais on ne voit autre chose que : 1° de la matière cristallisée; 2° de la matière à coniques, d'un type parfaitement constant; 3° de la matière à fils, d'un type parfaitement constant aussi; 4° de la matière amorphe. Les deux types intermédiaires peuvent manquer l'un ou l'autre, ou les deux. Mais lorsqu'ils existent, ils se montrent séparés des types extrêmes et entre eux par des discontinuités.

Les mélanges des corps stratifiés de Grandjean avec les autres liquides anisotropes montrent toujours une discontinuité absolue entre le liquide stratifié et la phase à coniques. Il peut arriver (cas des mélanges de cyanbenzal-aminocinnamate d'amyle avec l'azoxyphénétol) que le mélange, en déplaçant les points de transformation, fasse apparaître une phase à coniques que ne donneraient pas les deux corps purs. Mais dans tous les cas la phase liquide stratifiée et la phase à coniques sont entièrement distinctes, se montrent successivement, par transformation discontinue, affectent tour à tour toute la masse du mélange, et n'offrent rien qui ressemble à une transition graduelle.

Tout au contraire, ces mélanges ne montrent aucune discontinuité entre la phase liquide à fils et le liquide à plans de Grandjean. Jamais ces deux

types, en apparence si différents, ne sont représentés par deux phases distinctes. Quand on fait varier les proportions, on passe graduellement, par toutes les transitions, des propriétés du liquide stratifié (plans de Grandjean, réflexions de couleurs polarisées circulaires, virgules, stries huileuses) aux propriétés, au premier abord si différentes, des liquides à fils (plages fixées aux parois, plages à noyaux et bandes noires, axes d'enroulement filiformes). Bien qu'il reste beaucoup à faire pour comprendre le détail de ces singulières structures et pour s'expliquer comment elles peuvent se transformer l'une en l'autre, on peut dès à présent affirmer que les liquides à plans de Grandjean ne sont qu'un aspect spécial des liquides à fils, du type de l'azoxyphénétol, aspect particulier à ceux de ces corps qui ont le pouvoir rotatoire.

Il ne suffit d'ailleurs pas de mêler à un liquide à fils un corps quelconque pourvu du pouvoir rotatoire pour y faire apparaître les plans de Grandjean. Car le mélange d'azoxyphénétol et de cholestérine ne montre ni stratification ni réflexion de couleurs.

M. **B. Baillaud**, en présentant à l'Académie le Tome 16 des *Annales de l'Observatoire de Bordeaux*, fait remarquer que suivant la tradition de cet Observatoire, ce Volume contient à la fois des Mémoires et des Observations.

Imprimé par la librairie Gauthier-Villars, avec le soin et l'élégance auxquels cette maison nous a accoutumés, ce Volume est daté de 1917. L'ensemble des Mémoires compte 245 pages. Ce sont :

1° Par M. **F. Kromm**, actuellement astronome adjoint : Résumé des formules nécessaires pour le calcul d'une orbite képlérienne d'aprés la méthode de Lagrange exposée par M. H. Andoyer, avec une application à une première détermination de l'orbite de la planète (384) Burdigala. Une très courte Table (2 pages), à 3 chiffres et à 2 arguments, est seule nécessaire.

2° Par M. **J. Trousset**, aide-astronome : Détermination des erreurs des traits des cercles méridiens de l'Observatoire de Bordeaux; la méthode employée est celle de Bruns. M. Trousset a dû lire 3600 fois 4 microscopes et les 3600 équations contiennent 1104 inconnues liées par uue relation linéaire. Dans son Mémoire il se livre à une discussion très soignée.

3° Par M. **Ernest Esclangon**, astronome adjoint : Nouvelles recherches sur les fonctions quasi périodiques. Un Mémoire de 173 pages se terminant

par une table des matières dont la pagination composée, sans doute, pour des tirages à part, diffère de 50 de celle du Volume lui-même. M. Esclangon avait déjà donné un Mémoire sur le même sujet dans sa Thèse de doctorat.

4° Par M. **J. Trousset** : un Mémoire sur les perturbations séculaires du nœud et de l'inclinaison des petites planètes dont le demi-grand axe a une longueur voisine de 2 : complément aux résultats exposés par M. le Professeur Charlier au *Bulletin astronomique* pour 1900 et au Chapitre VII, § 12, du premier Volume de sa *Mécanique céleste*.

La seconde partie du Volume contient des observations visuelles de petites planètes et de comètes par MM. **L. Picart, E. Esclangon, F. Courty, M. Godard, M. Stapfer**, et des observations photographiques des deux planètes 387 Aquitania et 465 Bruchsalia.

Ce Volume fait honneur à l'Observatoire de Bordeaux, à son Directeur et aux astronomes dont il contient les travaux.

M. **Joubin** fait hommage à l'Académie d'un fascicule de la *Deuxième expédition antarctique française* (1908-1910), commandée par le Dr Jean Charcot : *Diatomées d'eau douce et Diatomées d'eau salée*, rédigé par M. **Maurice Peragallo** et imprimé grâce à une subvention accordée sur le *Fonds Loutreuil*.

M. **J. Andrade** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Edouard Phillips* (1821-1889).

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 45 votants, M. **P. Zeeman** est élu Correspondant pour la Section de Physique.

PLIS CACHETÉS.

Conformément au désir exprimé par feu **Anselme Vinée**, il est procédé à l'ouverture de trois plis cachetés reçus respectivement dans les séances

du 14 décembre 1908, 4 mai 1914, 22 janvier 1917 et inscrits sous les nos 7421, 8160, 8351.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, renferment les Notes suivantes :

1° *Mémoire sur les principes du système musical ;*

2° Note complétant le précédent mémoire ;

3° *Sur la voix sourde chuchotée et ses rapports avec la voix ordinaire.*

(Renvoi à l'examen de M. Violle.)

CORRESPONDANCE.

Mlle **Janssen** fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. le Président, d'une brochure intitulée : *Inauguration de la statue de* Jules Janssen, *à Meudon, le dimanche* 31 *octobre* 1920.

M. **E. Mathias** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait d'une subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1920.

Mme veuve **H. Ville** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

MM. **M. Boule**, **L.-P. Clerc**, **Courtot**, **Pierre Jolibois**, **E. Léger**, **Martinot-Lagarde**, **Pauline Ramart**, **Alfred Rouxeau**, **Thuloup** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pierre Waguet. *Géologie agricole du département de l'Oise.* (Présenté par M. G. Lemoine.)

2° E.-X. Lesbre. *Hybrides, hybridité et hybridation considérées principalement dans le régime végétal.*

3° Pierre Humbert. *Introduction à l'étude des fonctions elliptiques.*

4° Louis Roy. *Cours de mécanique rationnelle.*

5° J. Monestier. *Ammonites rares ou peu connues et ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du sud-est de l'Aveyron.*

6° C. Canovetti. *Calcolo del titolo più economico di un gas misto di gas ricco e povero.* (Présenté par M. Lallemand.)

7° C. Canovetti. *Le turbine a gas motrici a propulsione.* (Présenté par M. Lallemand.)

8° H. v. Zeipel. *Recherches sur le mouvement des petites planètes.*

9° H. v. Zeipel. *L'Œuvre astronomique d'Henri Poincaré.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le Calcul différentiel absolu.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Le calcul différentiel absolu s'introduit tout naturellement lorsqu'on veut généraliser le calcul différentiel en prenant comme variables indépendantes des intégrales curvilignes

$$\omega_i = \int_{x_1^0 \ldots x_n^0}^{x_1 \ldots x_n} \sum_k a_{ik}\, dx_k \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

dans lesquelles les a_{ik} sont des fonctions dérivables du point $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, ou même des fonctions d'intégrales curvilignes, comme dans la géométrie de Weyl.

Dans ce calcul, le rôle des dx_i est rempli par les formes de Pfaff $d\omega_i$, et les dérivées premières partielles d'une expression f sont les coefficients de ces formes de Pfaff dans sa différentielle.

Ce qui caractérise une variable x_i, c'est que l'on a

$$(\delta, d)\, x_i = \delta\, dx_i - d\, \delta x_i = 0;$$

ici, s'introduisent les covariants bilinéaires

$$(\delta, d)\, \omega_i = \sum_{rs} \sigma_{rsi}\, d\omega_r\, \delta\omega_s.$$

Introduisons, au lieu des σ_{ikh}, les symboles

$$\tau_{ikh} = \frac{1}{2}[\sigma_{khi} + \sigma_{hik} - \sigma_{ikh}].$$

Si les $X_{r_1\ldots r_m}(r_i = 1, 2, \ldots, n)$ constituent un système d'expressions à m indices, appelons différentielle absolue de $X_{r_1 r_2 \ldots r_m}$ l'opération

$$\overline{d} X_{r_1\ldots r_m} = d X_{r_1\ldots r_m} - \sum_{ikh} \tau_{r_i kh} X_{r_1\ldots r_{i-1} k r_{i+1}\ldots r_m}\, d\omega_h.$$

La dérivée partielle absolue par rapport à ω_s est le coefficient de $d\omega_s$ dans la différentielle absolue. On peut refaire, à l'aide de ces définitions, tout le calcul différentiel sur le modèle du calcul tensoriel habituel.

Les propriétés formelles du calcul ordinaire sont, en général, conservées (parenthèse de deux opérateurs linéaires, intégrales de Stokes et de Green).

La permutation de deux différentiations absolues successives introduit des symboles τ_{hl}^{ik} analogues à ceux de Riemann :

$$(\overline{\delta, d}) X_{r_1\ldots r_m} = (\delta, d) X_{r_1\ldots r_m} - \sum_{ikh} \tau_{hl}^{r_i k} X_{r_1\ldots r_{i-1} k r_{i+1}\ldots r_m}\, d\omega_h\, \delta\omega_l.$$

Ces symboles, et leurs dérivées absolues, obéissent, entre eux, aux mêmes relations que les symboles de Riemann, si les a_{ik} sont des fonctions du point $(x_1, \ldots, x_n)$; sinon la relation entre trois symboles de Riemann ne subsiste pas.

Avec ces définitions, $(\overline{\delta, d})\omega_i = 0$; $\overline{\delta}\, \overline{d}\omega_i = 0 (i = 1, 2, \ldots, n)$ représente le parallélisme de Levi-Cività; une fonction f du point $(x_1, \ldots, x_n)$ est caractérisée par $(\overline{\delta, d}) f = 0$.

Cette manière de considérer le calcul différentiel absolu m'a permis de refaire l'étude des covariants et invariants d'une variété V_n, en considérant son ds^2 comme la somme des carrés de n formes de Pfaff. Les changements de variables se réduisent aux transformations du groupe orthogonal et de groupes analogues qui s'en déduisent par prolongement. Les transformations infinitésimales de ces groupes sont simples à former.

Les propriétés de la covariance sont des conséquences des propriétés du groupe orthogonal, et la saturation des indices permet, dans un certain nombre de cas, de former tous les invariants d'une nature donnée (paramètres différentiels du deuxième ordre, invariants principaux d'une V_4).

Il est clair que les opérations absolues ont des propriétés fondamentales au point de vue de la covariance, comme dans le calcul tensoriel.

Ce calcul s'applique aussi au problème de la représentation conforme généralisée, c'est-à-dire au cas où la fonction multiplicatrice est une intégrale curviligne. Les conditions trouvées ont absolument la forme des conditions de M. Emile Cotton pour une variété du troisième ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries* $\sum \frac{A_k}{z-\alpha_k}$.
Note de M. J. **Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note, présentée le 28 novembre 1921, j'ai donné un exemple d'une série $\sum \frac{A_k}{z-\alpha_k}$ qui peut être prolongée analytiquement dans la région où les α_k se trouvent, c'est-à-dire dans le cercle $|z|=1$. Bien que l'allure de la série à l'intérieur de ce cercle présente quelque intérêt, l'exemple est très spécial.

Voici un exemple plus général, qui montre la grande généralité de ces séries et qui répond assez nettement à la question posée par M. Denjoy, formulée dans la Note citée.

Toute fonction, holomorphe dans un domaine borné quelconque D, *est, dans tout domaine* D_1, *qui est contenu avec sa frontière dans* D, *représentable par une série* $\sum \frac{A_k}{z-\alpha_k}$, *les* α_k *étant dans* D *et la série* ΣA_k *convergeant absolument.*

En effet, il existe un domaine Δ contenant D_1, à frontière formée par un nombre fini de polygones P, et situé avec sa frontière dans D. Soit δ la distance des P à la frontière de D.

A chaque entier positif n nous faisons correspondre des polygones P_n, parallèles aux P, extérieurs à Δ, et à une distance des P égale à $\frac{\delta}{2^n}$. Les polygones P_n limitent un domaine Δ_n dont Δ fait partie. Chaque Δ_n contient le suivant Δ_{n+1}.

Soient $f(z)$ une fonction holomorphe dans D, M le maximum de $|f(z)|$ sur les polygones P_n, ce nombre ne dépendant pas de n, et soit L la limite supérieure des longueurs des P_n, ce nombre ne dépendant non plus de n. Pour z intérieur à Δ_1, on a

$$f(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_{P_1}\frac{f(t)\,dt}{t-z}.$$

La remarque qui conduit à la représentation de $f(z)$ par une série de fonctions rationnelles (méthode de Runge) permet d'écrire, *pour* z *dans* Δ_2 :

$$(1)\qquad 2\pi i f(z)=\sum \frac{A_k}{\alpha_k-z}+2\pi i f_1(z),$$

où les α_k sont des points en nombre fini sur les P_1,

(2) $$A_k = f(\alpha_k)(\alpha_{k+1} - \alpha_k),$$

$f_1(z)$ est holomorphe dans Δ_2 et sa valeur absolue peut être supposée $< \frac{M}{2}$, tandis que $\Sigma |A_k| \leqq ML$.

De la même manière nous avons *dans* Δ_3 :

$$2\pi i f_1(z) = \sum \frac{A_k}{\alpha_k - z} + 2\pi i f_2(z),$$

où les nouveaux α_k sont en nombre fini sur les P_2, $f_2(z)$ est holomorphe dans Δ_3, $|f_2(z)| < \frac{M}{2^2}$ et la somme des valeurs absolues des nouveaux A_k ne surpasse pas $\frac{ML}{2}$.

En continuant ce processus nous aurons, pour chaque n, *dans* Δ_{n+1} :

(3) $$2\pi i f(z) = \sum \frac{A_k}{\alpha_k - z} + 2\pi i f_n(z),$$

où les α_k sont en nombre fini sur P_1, P_2, ..., P_n; $f_n(z)$ est holomorphe dans Δ_{n+1} :

(4) $$|f_n(z)| < \frac{M}{2^n} \quad \text{et} \quad \sum |A_k| \leqq ML\left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{2^{n-1}}\right) < 2ML.$$

Puisque D_1 est contenu dans chaque Δ_n, nous aurons dans D_1 la représentation uniforme

$$2\pi i f(z) = \sum \frac{A_k}{\alpha_k - z},$$

les α_k forment un ensemble isolé dont chaque P_n contient un nombre fini. Chaque point de P est point limite des α_k. De (4) il suit que la série $\Sigma |A_k|$ converge.

D'une manière analogue on montre que toute fonction holomorphe dans un domaine D qui contient le point à l'infini, nulle à l'infini, est, dans tout domaine D_1 qui est contenu avec sa frontière dans D, représentable par une série $\sum \frac{A_k}{z - \alpha_k}$, les α_k étant dans D et la série ΣA_k étant absolument convergente.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions quasi-analytiques de variable réelle*. Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

M. Borel a donné le nom de *quasi-analytiques* aux fonctions de variable réelle non développables en série de Taylor convergente, et cependant déterminées par leur valeur et celle de toutes leurs dérivées en un point. M. Borel a été le premier, et pendant longtemps le seul, à soupçonner l'existence de telles espèces de fonctions. J'ai pu démontrer, tout au moins sous réserve d'hypothèses très larges concernant non pas la lenteur de divergence de la série α_n définie ci-après, mais uniquement la régularité de son allure, le théorème suivant :

Si $f(x)$ est une fonction de variable réelle, définie sur le segment ab et y possédant des dérivées de tous ordres et si, M_n étant le maximum de $|f^{(n)}(x)|$ sur le segment ab, la série $\frac{1}{\sqrt[n]{M_n}}$ est divergente, $f(x)$ est entièrement déterminée sur tout le segment ab, par sa valeur et celle de toutes ses dérivées en un seul point du segment.

Si $M_n < \alpha_n^{-n}$, la série α_n étant divergente, le cas des fonctions développables en série de Taylor correspond à $\alpha_n^{-1} = kn$ (k indépendant de n). Mais les formes $\alpha_n^{-1} = kn\log n$ ou $kn\log n\ \ldots\ \log_p n$ conduisent à des cas nouveaux. Désignant par (A) la première de ces hypothèses, j'indiquerai très succinctement le principe de la démonstration correspondante. Cette condition (A) offre cet intérêt qu'elle est vérifiée dans le plan complexe sur une infinité de droites partout denses parallèlement à toute direction, par les fonctions monogènes non analytiques découvertes par M. Borel.

Tout revient à établir que si $0 = f(a) = f'(a) = \ldots$, on a $f(x) = 0$ quel que soit x sur ab. En substituant à f, s'il le faut, la fonction

$$f(x)f(a+b-x),$$

on peut supposer que l'on a aussi $0 = f(b) = f'(b) = \ldots$. Soit $a = 0$, $b = 1$.

Considérons la fonction entière de ω :

$$P(\omega) = \int_0^1 f(x)e^{\omega x}\,dx \qquad (\omega = \omega' + i\omega'' = re^{i\alpha}).$$

Nous intégrons n fois par parties, n étant donné par $r = ekn\log n$. On a

sensiblement $n = \frac{r}{ek \log r}$. La courbe C définie par $\omega' = \frac{r}{2ek \log r}$ divise l'extérieur du cercle $r > r_0 > 1$ en deux régions R_1 et R_2, l'une à gauche, l'autre à droite de C. $P(\omega)$ tend vers zéro quand ω s'éloigne indéfiniment dans R_1. Soit A le maximum, atteint sur C, de $|P(\omega)|$ dans R_1. Dans R_2, $|P(\omega)|$ est inférieur à $e^{\omega'}$.

Soient

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}, \qquad \log\omega = \log r + i\alpha,$$

et $H(\omega)$ la fonction égale pour $\omega' > 0$, à

$$e^{-\omega \log^{\delta} \omega} \qquad (\delta > 0).$$

Si $2ek\pi\delta < 1$, on voit que, ω s'éloignant indéfiniment dans R_2, $H(\omega)$ et $P(\omega)H^{\sigma}(\omega)$ $(\sigma > 0)$ tendent vers zéro. Le maximum de la seconde fonction dans R_2 est donc fini et atteint sur C. En faisant tendre σ vers zéro, selon le raisonnement connu de MM. Phragmen et Lindelöf, on en déduit $|P(\omega)| \leq A$ dans R_2.

La fonction entière $P(\omega)$ est bornée. Elle est nulle au point à l'infini de R_1. Elle est donc nulle quel que soit ω. D'où, comme on l'établit dans la théorie des séries trigonométriques ($\omega' = 0$), $f(x) = 0$ quel que soit x.

Soient $E(x)$ une fonction entière à coefficients tous positifs aussi rapidement croissante que l'on veut, $\lambda(x)$ sa fonction inverse, et $\psi(x)$ égale à $\log[\lambda(\log x)]$. Supposons que, h, $\frac{1}{h-1}$ et h_1 étant positifs et bornés, la condition $m\psi'(n) = h$ entraîne $n = m^2\psi'(m)h_1$. Alors, si $\alpha_n = \psi'(n)$, la démonstration précédente s'applique en posant

$$r\alpha_n = h, \qquad \log H(\omega) = -\omega\lambda^{\delta}(\omega).$$

Ces conditions sont vérifiées en particulier si $M_n < (kn \log n \ldots \log_p n)^n$.

Au contraire, les fonctions

$$e^{-\frac{1}{x}} = u_1^{-1}(x), \qquad e^{-u_1(x)} = u_2(x), \qquad \ldots$$

donnent des exemples de fonctions définies et non nulles pour $x > 0$ et s'annulant avec toutes leurs dérivées pour $x = 0$. Or, pour ces fonctions,

$$\alpha_n = \frac{1}{n^2}, \quad \frac{1}{n \log^2 n}, \quad \ldots.$$

La convergence de la série α_n peut être rendue aussi lente que l'on veut.

Comment seront déterminées les valeurs de $f(x)$ sur ab, au moyen des coefficients de la série de Taylor en a ? Par des séries de polynomes $P_n(x)$ dont les termes $c_{mn}x^m$ sont linéaires par rapport aux coefficients précédents. A chaque ordre de lenteur de divergence de la série α_n correspond vraisemblablement un type de polynomes P_n valable pour toutes les divergences plus promptes. Le type de Taylor correspond au cas des fonctions entières. Le type suivant correspond au cas des fonctions holomorphes et converge dans le plan complexe sur une étoile de Mittag-Leffler arrêtée par les coupures de Weierstrass de la fonction. Le type suivant correspond à l'hypothèse (A). Comme je l'ai dit plus haut, il convient aux fonctions monogènes de M. Borel. L'étoile de convergence des polynomes ne contient plus nécessairement une aire. En continuant, on a une succession transfinie de types de polynomes et de classes de fonctions quasi-analytiques.

Si l'on se donne $f(a)$ et toutes les dérivées (sur une droite) au point a, dérivées vérifiant une condition $|f^{(n)}(a)| < \alpha_n^{-n}$, et la série α_n régulière étant divergente, la fonction $f(z)$ correspondant à ces données est unique. Elle est définie, pour commencer, par sa série de polynomes du type α_n. L'étoile d'existence de $f(z)$ issue de a est formée, de ce point de vue, des rayons sur lesquels la série α_n diverge. Le point b est une singularité infranchissable si la série α_n relative à ab converge. Il y a une série de polynomes de type déterminé convergeant sur le segment ab, sauf peut-être en b.

$f(x)$ peut sur deux intervalles distincts de ab être analytique. Même si les deux fonctions analytiques correspondantes ont un domaine (W) d'existence limité par des coupures extérieures l'une à l'autre, les deux fonctions sont parfaitement déterminées l'une par l'autre et leur identité est aussi complète que celle de deux fonctions holomorphes coïncidant à l'intérieur d'une partie commune à leurs domaines d'existence.

CINÉMATIQUE. — *Sur les chaînes articulées fermées.* Note de M. Et. Delassus, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Soit $S_0, S_1, \ldots, S_n$ une chaîne ouverte à n articulations qui sont des vis ou, comme cas particuliers, des rotoïdes ou des glissières rectilignes; si l'on fixe S_0 et si l'on ferme la chaîne en fixant S_n, il peut se présenter plusieurs cas. Si la chaîne ouverte est à réduction, S_n ne dépendant que de $n-1$ paramètres, la chaîne fermée sera déformable et cela en fixant S_n

dans une quelconque de ses positions. C'est une fermeture ordinaire. Si la chaîne ouverte n'est pas à réduction, la chaîne fermée n'est pas déformable, sauf peut-être si S_n est fixé dans certaines positions particulières. C'est une fermeture singulière.

Une chaîne fermée a autant de fermetures que de membres. Toutes ses fermetures peuvent être ordinaires (exemple : quadrilatère plan, c'est-à-dire système à quatre rotoïdes parallèles). Il peut exister à la fois des fermetures ordinaires et des fermetures singulières (exemple : chaîne fermée à six membres formée au moyen de deux joints de Cardan). Il peut enfin exister à la fois des chaînes dont toutes les fermetures sont singulières (exemple : système Bennett à quatre rotoïdes en hyperboloïde).

2. Toute chaîne ayant au moins une fermeture ordinaire pourra s'obtenir au moyen d'une chaîne ouverte à réduction; comme nous connaissons toutes ces chaînes ouvertes, nous pouvons considérer comme connues toutes les chaînes fermées considérées ou chaînes ordinaires.

Il reste à déterminer toutes les chaînes singulières, c'est-à-dire n'ayant que des fermetures singulières.

Des considérations relatives à l'image sphérique montrent que les seules chaînes déformables à quatre membres sont de l'une des catégories :

a. Vis et glissières rectilignes, toutes les vis étant parallèles;

b. Deux groupes de vis parallèles;

c. Quatre vis sans parallélisme.

3. Pour la catégorie *a*, on peut écrire les conditions complètes de déformabilité et, rejetant certaines chaînes ordinaires, il reste les chaînes singulières :

1° Quatre vis parallèles en rhomboïde avec la condition

$$h_1 = h_3 = \frac{h_2 + h_4}{2}$$

h_1 et h_3 étant les pas des vis aux extrémités de la diagonale-axe.

2° Quatre vis parallèles en parallélogramme avec

$$h_1 + h_3 = h_2 + h_4.$$

3° Quatre vis parallèles en contre-parallélogramme avec

$$h_1 = h_3, \qquad h_2 = h_4.$$

4° Deux vis parallèles V_1, V_3 alternant avec deux glissières rectilignes G_2, G_4 symétriques par rapport au plan V_1, V_3 et la condition

$$h_1 = h_3.$$

Pour la catégorie b, certaines conditions nécessaires pour la déformabilité montrent qu'il ne peut exister de telles chaînes.

Ces mêmes conditions, pour la catégorie c, montrent que toutes les vis doivent se réduire à des rotoïdes et quelques formules simples relatives à l'intersection de deux hyperboloïdes de révolution mobiles conduisent aux conditions définissant le système articulé Bennett.

La recherche de toutes les chaînes articulées déformables à quatre membres est ainsi complète.

4. Des considérations analogues conduisent à la détermination d'un certain nombre de chaînes singulières à cinq membres, mais, jusqu'à présent, ne fournissent pas toutes ces chaînes.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur un chronographe astronomique de précision.* Note [1] de MM. **Henri Abraham** et **René Planiol**, présentée par M. Villard.

Les chronographes destinés aux observations astronomiques doivent donner le centième de seconde avec une sécurité absolue. Les horloges astronomiques battant en général les doubles secondes, la détermination de l'époque d'un signal nécessite une interpolation à moins de $\frac{1}{100}$ de seconde près dans un intervalle de deux secondes. L'intervalle d'interpolation atteindrait même quatre secondes avec celles des horloges astronomiques qui suppriment un battement au début de chaque minute.

Les mouvements d'horlogerie qui peuvent être utilisés pour l'entraînement de la bande de papier d'un chronographe ne donnent pas un mouvement d'une régularité assez grande pour que l'on puisse obtenir une précision suffisante dans l'interpolation parce que l'on est obligé d'admettre que le papier se déroule d'un mouvement rigoureusement uniforme pendant chacun des intervalles de deux secondes.

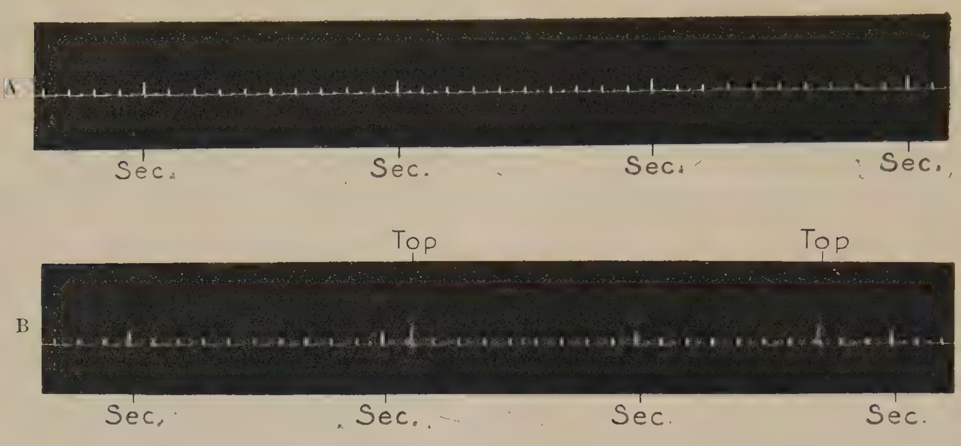
On a parfois proposé de tourner cette difficulté en inscrivant les vibrations d'un diapason en même temps que les secondes de l'horloge et les signaux électriques des observations. Cette méthode est excellente pour des observations isolées ou en petit nombre; mais elle est absolument inapplicable pour un travail quotidien portant, par exemple, sur les soirées d'observations au cercle méridien : le nombre des pointés micrométriques nécessaires deviendrait tellement considérable que le dépouillement des bandes serait, en pratique, irréalisable.

La méthode chronographique que nous allons décrire paraît devoir

(1) Séance du 5 décembre 1921.

donner largement satisfaction aux besoins actuels des observations astronomiques; elle pourra aussi rendre certains services pour d'autres genres de mesures.

Nous proposons de fractionner le temps au moyen d'une horloge élec-



Résultats expérimentaux : A, inscription du temps;
B, inscription du temps et des signaux des observations.

trique auxiliaire qui batte exactement les dixièmes et les demi-dixièmes de seconde, pendant chaque intervalle d'interpolation, c'est-à-dire pendant deux secondes, et qui soit automatiquement remise à l'heure et relancée à chacun des battements de l'horloge astronomique fondamentale.

Les secondes de l'horloge, les dixièmes et demi-dixièmes de seconde, ainsi que les « tops » des observations sont inscrits en un tracé unique par un seul galvanomètre enregistreur. Nous utilisons comme galvanomètre le magnéto-oscillographe Abraham-Bloch. Cet appareil obéit au millième de seconde, il écrit à la pointe sèche sur une bande de papier enfumé se déroulant d'une manière contiuue, comme dans les appareils enregistreurs du Service géographique de l'armée.

Le tracé est fixé instantanément, à sec, comme nous l'avons indiqué autrefois, par un simple laminage. Nous avons mis en construction, dans les ateliers Beaudouin, un ensemble mécanique dans lequel le mouvement du laminoir qui sert au fixage produit directement l'entraînement du papier à enfumage continu.

Les battements des dixièmes et vingtièmes de seconde sont produits au moyen d'un appareil à lampes amplificatrices fondé sur le même principe

que le « multivibrateur » (¹). Nous avons aussi étudié un chronomètre mécanique à entretien électrique battant les vingtièmes de seconde. Ces deux appareils comportent des dispositifs de remise à l'heure électrique par l'horloge directrice; ils seront décrits en détails dans une publication ultérieure.

Avec ces procédés chronographiques, l'interpolation nécessitée par la détermination de l'époque d'un signal est réduite à un intervalle de temps de quelques centièmes de seconde. Le déroulement du papier est alors suffisamment uniforme pour que l'interpolation puisse se faire avec la précision désirée.

Les mesures se font sans aucun pointé micrométrique, par lecture directe. Les bandes fournies par le chronographe, dont nous soumettons quelques spécimens à l'Académie, ont l'aspect d'une règle graduée. Des divisions de hauteurs différentes marquent les secondes, les dixièmes et les demi-dixièmes. Les « tops » des observations se détachent nettement et se distinguent sans hésitation des traits de la graduation.

La précision de la lecture dépasse franchement le centième de seconde, et l'on peut, s'il est nécessaire, apprécier jusque vers le millième de seconde par lecture directe : l'emploi d'un enregistreur photographique permettra de dépasser beaucoup cette précision.

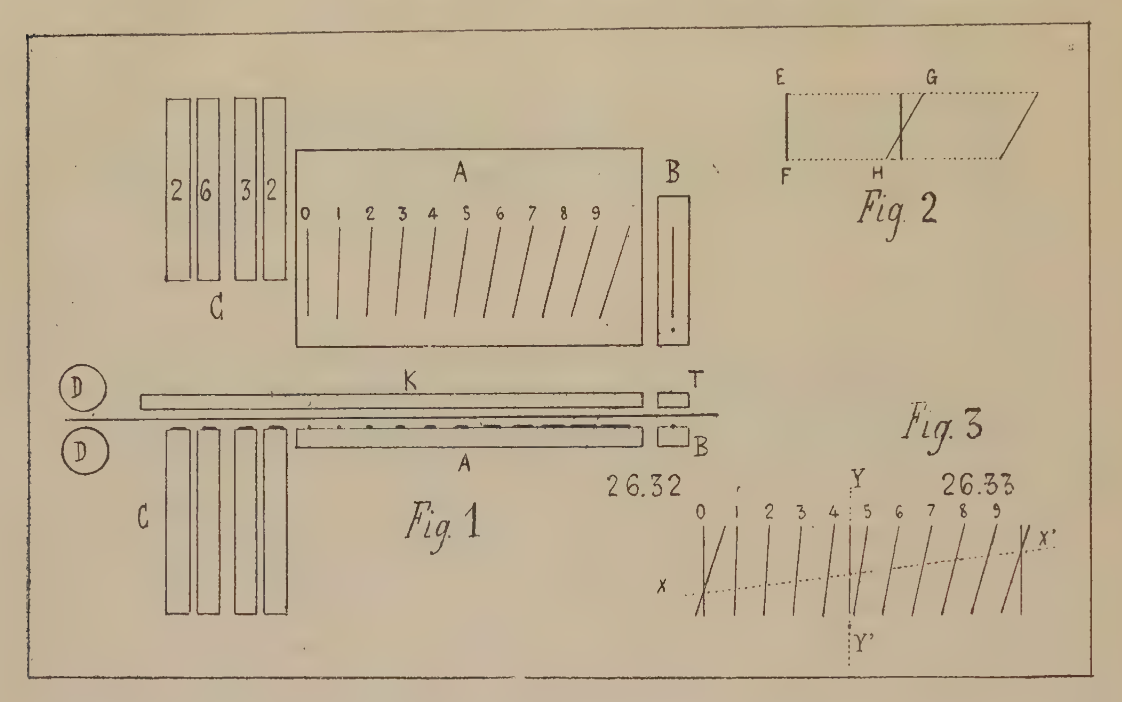
ASTRONOMIE. — *Principe et schéma du « chronographe imprimant à synchronisation géométrique »*. Note de M. **J.-Ph. Lagrula**, présentée par M. B. Baillaud.

A une époque où l'on cherche à atteindre la précision du millième de seconde dans la mesure du temps, il me paraît opportun de signaler le principe d'un chronographe imprimant dans lequel les difficultés inhérentes au problème de la synchronisation mécanique sont éliminées.

Schéma. — Un compteur C (*fig.* 1) de minutes et secondes, à mouvement saccadé et dont les roues, de même diamètre, sont convenablement chiffrées en relief sur la périphérie, fonctionne, sans interruption durant la séance d'observation, au moyen d'un échappement à seconde commandé

(¹) Henri Abraham et Eugène Bloch, *Sur la mesure en valeur absolue des périodes des oscillations électriques de haute fréquence* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1105).

par un électro-aimant qu'actionnent les battements d'une pendule. Le même électro-aimant commande aussi, mais *au gré de l'observateur*, le mouvement d'un frappeur K. Un autre électro-aimant, solidaire d'un interrupteur



électrique (top), actionne opportunément un second frappeur T identiquement disposé.

Dans le plan des frappes, c'est-à-dire tangentiellement au compteur, sont deux plates-formes fixes dont l'une, B, en regard de T, porte un simple trait en relief, et l'autre, A, en regard de K, porte, également en relief, les traits et numéros représentés dans la figure. *Ces traits constituent un faisceau plan de* 11 *droites concourantes subdivisant en* 10 *parties égales toute droite de ce plan orientée perpendiculairement au trait marqué* O. C'est précisément, suivant cette orientation, parallèlement à l'axe du compteur, que se trouve disposée longitudinalement, entre les plates-formes et les frappeurs, la bande de papier réceptrice d'empreintes au carbone, comme dans les machines à écrire.

En temps ordinaire, le papier est immobile et vierge d'inscription en regard des caractères de C, A, B; mais, quelque peu (deux ou trois secondes) avant l'envoi d'un top, en même temps que, par une commande à distance, l'observateur met en liberté le frappeur K, un dispositif simple

(non figuré) donne à la bande, en quelques dixièmes de seconde, le mouvement d'entraînement longitudinal que lui communiquent deux galets D à friction dont l'un tourne, *à peu près* uniformément, sous une action motrice quelconque, en l'espèce un petit moteur électrique marchant sur le courant d'éclairage.

Il n'y a *nulle nécessité que le mouvement* du papier *soit rigoureusement uniforme*. Je souligne, car c'est la particularité fondamentale de ce chronographe de ne comporter aucun organe de synchronisation, tout en assurant la lecture directe et rigoureuse du temps jusqu'au centième de seconde [1].

En effet, soient V et v les vitesses (par seconde) maxima et minima du mouvement d'entraînement du papier. Dans le trapèze rectangle (*fig.* 2) ayant pour côtés non parallèles le premier, EF, et le onzième trait GH du faisceau A, faisons, par construction, $EG > V$ et $FG < v$: il est clair maintenant que si l'on donne à l'appareil sa liberté d'inscription, à chaque battement de la pendule, le faisceau A laisse sur le papier une empreinte dont le premier trait tombe *toujours* sur le onzième appartenant à l'empreinte précédente. Il en résulte un X dans lequel le point de croisement définit l'origine de la seconde. Voyons maintenant comment se font l'inscription et la lecture d'un top.

Inscription. — Pour la clarté de la figure 1, j'ai rejeté sur le côté l'ensemble des pièces T et B. En réalité elles sont intercalées dans des évidements convenables des pièces K et A pratiques, au voisinage du trait O, dans une position corrigeant la petite différence de temps d'armature des électro-aimants, de manière que, pour des contacts simultanés de la pendule et du top, il y ait coïncidence entre les empreintes du trait B et du premier trait O du faisceau A.

Dans ces conditions, à un signal de temps topé à $26^m 32^s,46$, par exemple, correspond sur le papier un diagramme — la partie utile en est représentée figure 3 — constitué par les empreintes du compteur et du faisceau aux instants $26^m 31^s$, $26^m 32^s$, $26^m 33^s$ et celle, YY′, du trait B à l'instant du top.

Lecture. — La minute, 26, la seconde, 32, et le dixième, 4, sont imprimés. Quant au centième de seconde, 6, on le relève, en même temps et à simple vue, *en estimant la fraction de l'intervalle longitudinal* ($2^{mm},5$ environ) *entre deux traits consécutifs du faisceau, appréciée, en dixièmes, au point de concours des deux directions* XX′, YY′.

---

(1) On pourrait aller plus loin, d'ailleurs.

Ordre de précision. — Quand le mouvement de la bande de papier est uniforme, la croisée des X se maintient à la même hauteur. C'est, pratiquement, ce que réalise de très près l'emploi d'un régulateur de vitesse. Ce mode de lecture est alors évidemment rigoureux. Il comporte encore une haute exactitude quand on suppose, comme dans la figure 3, un changement de régime. En effet, dans l'hypothèse (légitime durant une seconde) d'un mouvement uniformément accéléré et en supposant inférieur à $\frac{1}{90}$ le rapport de l'accélération à la vitesse — ce que réalisent les mouvements d'horlogerie les plus grossiers — le calcul montre que l'erreur de lecture est de l'ordre du dix-millième de seconde.

Conclusion. — Si l'on considère le débit de papier, l'enregistrement ayant lieu par discontinuité, l'emploi de cet instrument réalise une réduction considérable comparativement au chronographe ordinaire à déroulement continu. Toutefois, à cet égard, il reste encore au-dessous du chronographe imprimant de Gautier où l'encombrement est réduit à l'écriture des chiffres. Il conserve sensiblement les mêmes avantages au point de vue de la rapidité du dépouillement qui reste tout aussi clair et immédiat. Enfin il est particulièrement simple de construction et son principe géométrique le met à l'abri de toute défaillance de synchronisation.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1921. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 90 jours d'observations (¹) dans ce trimestre, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Les taches sont en décroissance, tant en nombre qu'en étendue : on a enregistré, au total, 32 groupes et 2565 millionièmes au lieu de 39 groupes et une aire de 2864 (²).

Les changements survenus, dans leur répartition par hémisphère, sont de 2 groupes en plus au Sud, avec 16 au lieu de 14, et de 9 en moins au Nord, avec 16 au lieu de 25.

Trois formations, moindres que celle signalée dans le trimestre précédent, ont atteint la visibilité à l'œil nu :

1° La tache principale du groupe qui a paru du 2 au 13 juillet, à la latitude moyenne de $+13°$;

(¹) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 637.

2° Le groupe observé du 22 août au 1er septembre, à la latitude moyenne de + 10°;

3° La tache qui a traversé le disque du 13 au 25 septembre, à la latitude moyenne de + 10°.

D'autre part, le Soleil s'est montré dépourvu de taches 10 jours, au lieu de 6, d'où il résulte un nombre proportionnel croissant : 0,10 au lieu de 0,07 dans le deuxième trimestre et 0,05 dans le premier.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules a diminué d'environ un tiers, avec 112 au lieu de 161, et leur surface totale de un cinquième, avec 75,2 millièmes au lieu de 92,5.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on a noté 55 groupes en moins au Sud (44 au lieu de 99) et 6 groupes en plus au Nord (68 au lieu de 62).

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet. — 0,00.			
26– 5	10	1,5		+13	105
30– 2	3	4,6	—10		15
6	1	5,6		+13	7
30–12	13	6,8		+ 4	141
4– 5	2	7,3		+ 7	25
2–13	12	7,8		+13	329
9–14	6	8,7	—13		79
8–14	7	12,2		+ 2	44
14	1	13,7		+13	3
12–20	9	17,5	— 5		53
19–20	2	22,1	—10		23
24–26	3	22,1	—18		3
19	1	23,7		+13	4
21	1	24,0	—11		10
21–25	5	26,5	— 6		16
25–30	6	29,1		+13	247
25– 5	12	30,9	— 9		
	31 j.		—10°,3	+10°,1	

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites
		Août. — 0,17.			
15	1	10,5	— 8		8
11–17	7	12,7	— 1		44
18–22	5	16,8	—17		90
14–15	2	19,0		+ 4	6
16–23	8	22,0	— 6		115
26–29	4	23,5		+12	110
21–23	3	25,1		+10	12
22– 1	9	27,6		+10	263
30– 3	5	28,6	—10		27
3– 4	2	31,7		+12	12
	29 j.		— 8°,4	+ 9°,6	
		Septembre. — 0,17.			
7–14	6	9,8	—12		98
18–19	2	17,8	—14		21
13–25	13	19,2		+10	375
15–24	10	19,6	— 7		51
25–29	5	23,7		+ 8	214
	30 j.		—11°,0	+9°,0	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1921.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	3	5	8	9	3	6	»	»	»	17	1119
Août........	»	»	»	1	4	5	5	3	2	»	»	»	10	687
Septembre..	»	»	»	2	1	3	2	2	»	»	»	»	5	759
Totaux ...	»	»	»	6	10	16	16	8	8	»	»	»	32	2565

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1921.	Sud. 90° 40°	40° 30°	30° 20°	20° 10°	10° 0°	Somme.	Nord. Somme.	0° 10°	10° 20°	20° 30°	30° 40°	40° 90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	6	6	12	9	2	6	1	»	»	21	18,1
Août........	1	1	1	4	8	15	26	5	8	4	3	6	41	27,1
Septembre ..	1	2	4	3	7	17	33	7	3	3	4	16	50	30,0
Totaux....	2	3	5	13	21	44	68	14	17	8	7	22	112	75,2

RELATIVITÉ. — *Sur la relativité du temps.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

Au point de vue de la physique, le temps n'a d'autre existence que celle qui résulte des mesures dont il est l'objet, mais des *définitions* différentes du temps se prêtent à de telles mesures et peuvent n'être pas concordantes. Cette circonstance différencie l'élément *temps* des coordonnées géométriques, de la distance de deux points situés sur un corps solide par exemple. Eu égard à la possibilité des procédés de mesure, un intervalle de temps, en un point donné, n'est pas comparable à la longueur d'un arc limité de courbe. L'intervalle de temps peut être mesuré, par une montre mécanique ou céleste, par une vibration lumineuse, mais aussi par des phénomènes biologiques ou psychiques, le battement du pouls, la durée d'une pensée (le comptage mental de nombres successifs, par exemple). Dans des synthèses en monvement, aucune expérience n'indique que ces définitions sont équivalentes; toutes sont susceptibles de servir de base à des théories; la plus intéressante sera seulement celle qui donne le plus de simplicité et le plus de généralité aux lois de la nature.

Il reste néanmoins essentiel, dans l'expression d'une conclusion, d'indiquer quelle est la définition choisie, sous peine d'obtenir des résultats en apparence contradictoires ou paradoxaux, parce que celui qui voit le paradoxe dans une conclusion n'attache pas le même sens aux mots que celui qui a formulé la conclusion. Il est vrai que la lumière se propage avec la même vitesse dans tous les sens, cela même lorsqu'il existe un mouvement de translation. La conclusion contraire peut être exacte aussi si la définition du temps est autrement choisie.

Au point de vue purement logique, si l'on dépouille la notion de temps de tous sens absolu, il est évident qu'il suffit qu'en tout point d'un système en repos ou en mouvement, soit attachée une horloge (un numérotage arbitraire du temps) en y joignant la condition de continuité en des points voi-

sins. Ces horloges peuvent être des vibrations lumineuses (des révolutions d'élections), mais on peut en imaginer d'autres.

Soit Ox un axe, et supposons que, dans la direction perpendiculaire Oy, soit une étoile à éclipses, étoile très éloignée (infiniment). Ces éclipses sont numérotées. Pour tout point de l'axe Ox, de même que pour tout point de tout système à une dimension $O'x'$ glissant sur Ox, le temps est défini, à tout instant, par le numéro de l'éclipse aperçue à ce moment. Il ne sera plus vrai que la vitesse de la lumière, se propageant le long de Ox, sera indépendante du sens et de tout mouvement de translation.

Imaginons un observateur partant de O, se déplaçant rapidement pour aller en un point A de Ox et revenant en O. Il aura compté dans son voyage exactement le même nombre d'éclipses (le même temps) qu'un observateur immobile en O. Il est possible que sa montre matérielle ait totalisé un temps différent, que son pouls ait battu un nombre moins grand de fois, que son esprit ait enfanté moins d'idées, qu'il ait eu l'impression que les éclipses se succédaient plus rapidement, qu'il ait, en un mot, moins vécu et moins vieilli; c'est à l'expérience de le montrer. Si cela est vrai, cela indique que la mesure du temps au moyen des montres ou des battements du pouls est plus commode pour l'étude des phénomènes physiques et même psychiques et en rend la comparaison plus simple. Cela est très important, sans avoir cependant de signification absolue concernant la notion générale de temps.

Puisque la définition physique du temps peut comporter de l'arbitraire, il est clair que la simultanéité, à distance, n'a pas de sens réel. On peut se demander toutefois si l'idée de *simultanéité absolue* ne répond à aucune conception acceptable. D'après les théories relativistes, la matière ne saurait acquérir de vitesse supérieure à celle de la lumière. On peut imaginer toutefois sans contradiction des successions de phénomènes se déplaçant avec des vitesses plus grandes, que l'on pourrait mesurer. Tel pourrait être le cas de la tache lumineuse produite, sur un écran éloigné, par un phare tournant, ou la progression, sur un obstacle, de la grêle de projectiles lancés par quelque mitrailleuse hypothétique en rotation. Il n'y a pas de limite à de telles vitesses, non pas de propagation mais de progression, théoriquement mesurables : ce qui autorise la *conception* d'une vitesse de signalisation infinie, par suite la conception, semble-t-il, de simultanéité absolue, c'est au fond celle-ci qui est dans l'esprit quand on pense : « En ce moment que se passe-t-il en tel lieu? »

L'existence possible de vitesses (non matérielles mais peu importe) supé-

rieures à celle de la lumière, comparée au temps relatif qui s'introduit dans la transformation de Lorentz, conduit à la possibilité expérimentale d'une inversion continue du temps.

Imaginons un phare tournant éloigné L sur l'axe Oy, produisant sur l'écran Ox une tache lumineuse se déplaçant avec une vitesse u supérieure à celle c de la lumière. Soient maintenant $O'x'$ un écran mobile sur Ox, se déplaçant avec la vitesse $v (v < c)$, t' le temps local correspondant à t pour des positions correspondantes x' et x de la tache. L'écran allant moins vite que la tache, il est parcouru de gauche à droite par cette dernière, pour des observateurs liés à Ox.

Dans le mouvement relatif sur $O'x'$, la transformation de Lorentz donne un résultat contraire. On a en effet

$$x' = \frac{1}{h}(x - vt), \qquad t' = \frac{1}{h}\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \qquad \text{avec} \qquad h = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

ou, puisque $x = ut$:

$$x' = \frac{t}{h}(u - v), \qquad t' = \frac{t}{h}\left(1 - \frac{uv}{c^2}\right),$$

ou enfin

$$x' = t' \frac{u - v}{\left(1 - \frac{uv}{c^2}\right)}.$$

On voit que, si v est compris entre $\frac{c^2}{u}$ et $c (u > c)$, le rapport $\frac{x'}{t'}$ est négatif. La tache lumineuse paraîtra, pour les observateurs de $O'x'$, se déplacer de droite à gauche, réalisant une *inversion continue* du temps et correspondant à une expérience théoriquement réalisable.

Si l'on imagine la source L remplacée par une « mitrailleuse tournante », des soldats couchés le long de Ox, et de $O'x'$ *dans le même sens*, on ne peut pas dire seront, mais *se sentiront* frappés aux pieds et à la tête dans un ordre chronologique inverse, si du moins le temps local et la relativité einsteinienne du temps correspond, non pas seulement à une pure hypothèse, mais à une réalité expérimentale applicable à tous les phénomènes de la nature.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Interférence et réflexion dans un système mobile.* Note (1) de M. J. **Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

Dans une Note précédente j'ai montré que les ondulations engendrées par un foyer mobile dans un milieu isotrope donnent lieu à la considération d'ondes d'interférence ellipsoïdales et d'un paramètre de rayonnement.

Ces mêmes éléments interviennent dans l'étude des phénomènes d'interférence et de réflexion rapportés à un système de référence S′ mobile dans le milieu considéré. A tout système S′ on peut en effet faire correspondre un ellipsoïde d'interférence et un paramètre de rayonnement, indépendamment de toute considération de foyer mobile lié à ce système.

Tout se passe comme si le système S′ *était au repos, à condition de remplacer la surface de l'onde sphérique par l'ellipsoïde d'interférence, et le temps par le paramètre de rayonnement.*

Pour un observateur lié au système S′, le milieu paraîtrait encore symétrique, au point de vue des phénomènes considérés, mais il ne paraîtrait pas isotrope, à cause de la contraction lorentzienne de l'ellipsoïde d'interférence.

Il est utile d'apprécier exactement l'importance de cette contraction, dans le cas des phénomènes lumineux, pour un observateur qui se déplacerait, dans l'éther, parfaitement isotrope, avec une vitesse de translation de 30^{km} par seconde.

Au point de vue des phénomènes de réflexion et d'interférence, l'effet serait analogue à celui que produirait, pour un observateur en repos, une diminution de la vitesse de la lumière dans le sens du mouvement de translation.

Cette diminution serait de $1^{\mathrm{m}},50$ par seconde sur la vitesse totale de $300\,000^{\mathrm{km}}$ environ.

C'est cette différence de $1^{\mathrm{m}},50$ sur la vitesse de la lumière que l'expérience de Michelson devait mettre en évidence.

Je dois signaler quelques résultats relatifs à la propagation et à la réflexion d'un train d'ondes planes, rapportées au système mobile S′. Il faut considérer comme plan d'onde le plan qui correspond à une valeur constante du paramètre de rayonnement et non à une valeur constante du temps.

(1) Séance du 5 décembre 1921.

Le rayon de propagation (*bicaractéristique* de M. Hadamard) n'est pas perpendiculaire au plan de l'onde : il est parallèle au diamètre conjugué de ce plan dans l'ellipsoïde d'interférence. C'est ce que nous appellerons la direction *pseudo-normale*.

La loi de la réflexion sur un plan entraîné dans le mouvement de translation du système S', pour un phénomène ondulatoire rapporté à ce système, peut s'énoncer ainsi :

Le rayon incident, le rayon réfléchi et la pseudo-normale sont situés dans un même plan. Les deux rayons sont conjugués harmoniques par rapport à la pseudo-normale et à la droite d'intersection de leur plan avec le plan de réflexion. L'onde incidente et l'onde réfléchie sont de même période dans le système mobile.

Pour que le rayon réfléchi coïncide avec le rayon incident pour un observateur lié au système mobile S', il faut donc que la direction commune des deux rayons soit celle de la pseudo-normale au plan du miroir.

Le plan et le rayon ne sont perpendiculaires l'un à l'autre que si leur direction correspond à une direction principale de l'ellipsoïde d'interférence.

On pourrait rapporter le même phénomène à un autre système de référence S fixe ou mobile. Ce qui caractérise pour nous un système fixe par rapport au milieu isotrope, c'est que l'ellipsoïde d'interférence correspondant est une sphère. La surface réfléchissante étant liée au système mobile S', les rayons incident et réfléchi n'ont pas un caractère stationnaire par rapport au système S. Mais il y a encore une autre différence fondamentale : c'est que l'onde incidente et l'onde réfléchie, observées dans le système S n'auraient pas la même période. Un calcul de différence de phase basé sur le chemin total parcouru par ces rayons est donc dénué de fondement.

Les résultats que je viens d'énoncer sont déduits de l'équation aux dérivées partielles de la propagation des ondes dans un milieu isotrope. Ils ne sont donc valables que dans la mesure où cette équation s'applique elle-même aux phénomènes considérés.

ÉLECTRICITÉ. — *Électrolyse par les courants vagabonds*. Note de MM. **James Chappuis** et **Hubert-Desprez**, présentée par M. H. Deslandres.

I. Les perforations observées dans une canalisation souterraine, en fer ou en plomb, s'expliquent par l'effet électrolytique produit par les courants

vagabonds lorsque cette canalisation joue le rôle d'anode, c'est-à-dire est positive par rapport aux conducteurs voisins ou par rapport au sol dans lequel elle est enfouie.

On peut aussi tenter d'expliquer ces dégâts par une action chimique dans laquelle on ferait intervenir des couples locaux dus aux impuretés du métal des canalisations.

Le choix entre ces deux causes présente une grande importance, tant au point de vue de l'établissement des responsabilités qu'au point de vue des méthodes à employer pour en éviter les effets; il semble qu'une observation attentive de la perforation, des produits de l'attaque du métal et de leur distribution sur la canalisation et dans le sol avoisinant, permettra de choisir entre ces deux hypothèses.

II. Nous avons entrepris, dans ce but, des expériences d'électrolyse dans la terre; les premiers essais réalisés dans des cuves électrolytiques quelconques, remplies de sable ou de terre prélevée dans le sol de la ville, tout en nous donnant déjà de précieuses indications, nous ont montré que la principale difficulté provenait de l'incertitude où l'on était sur le choix des points où il était utile de prélever des échantillons pour analyse.

Des résultats déjà plus satisfaisants ont été obtenus en employant des cuves plates en verre dont les faces parallèles étaient à environ trois centimètres l'une de l'autre; il était alors possible d'observer une véritable coupe du terrain où se voyaient des couches de couleurs variées entre l'anode et la cathode; des prélèvements effectués dans chacune de ces couches permettaient d'en reconnaître la nature.

III. Nous avons enfin imaginé une méthode qui nous a donné des résultats beaucoup plus complets; elle consiste à examiner aux rayons X les effets électrolytiques du courant traversant de la terre ou de la sciure de bois contenues dans une cuve en bois.

Ce mode d'investigation nous permet de suivre, d'une façon pour ainsi dire ininterrompue, la marche du phénomène et de prendre des photographies de toutes les phases intéressantes; l'ouverture d'une des faces de la cuve en bois permet ensuite l'observation directe de l'état des électrodes et de la distribution dans le sol des produits de l'attaque de l'anode; les analyses à faire sont en quelque sorte imposées et par la lecture des photographies et par l'observation directe qui se contrôlent; toutes ces opérations sont rendues des plus faciles par ce dispositif expérimental.

IV. Nous avons employé cette méthode à l'étude de l'électrolyse avec des

électrodes de cuivre, de fer et de plomb; l'électrolyte qui imbibait le sol artificiel était un sel du même métal ou une dissolution de chlorure de sodium.

Nous avons appliqué également cette méthode à l'étude d'une pile Daniel dont les cuves remplies de terre étaient imbibées respectivement de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc; on peut, de cette façon, observer les phénomènes qui se produisent dans les piles comprenant des solides poreux imprégnés de liquides, et enfin nous avons mis en observation un prisme en ciment armé.

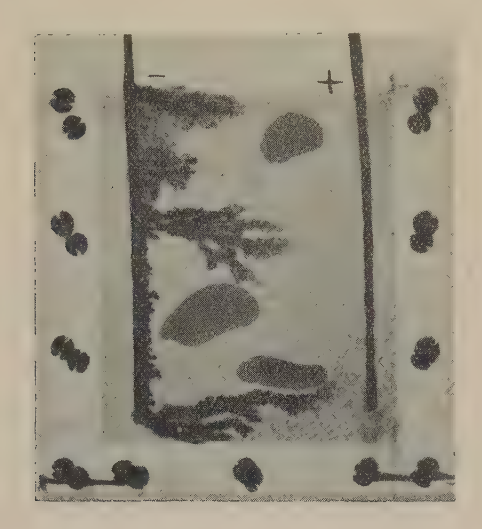


Fig. 1.

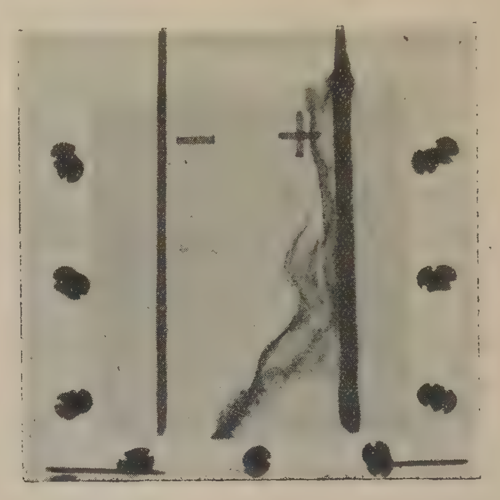


Fig. 2.

Ces expériences nous ont montré que, d'une façon générale, l'électrolyse réalisée dans le sol se comporte très différemment de l'électrolyse dans un liquide; nous prendrons comme premier exemple les résultats obtenus avec le cuivre.

Dans l'électrolyse du sulfate cuivrique, SO^4Cu, avec des électrodes de cuivre, la variation de poids de la cathode est toujours très inférieure à celle de l'anode; les premières traces de métal déposé touchent la cathode sans y adhérer très fortement, puis il y a *cheminement du métal de la cathode vers l'anode jusqu'à mise en court circuit;* c'est ce que montre la figure 1 relative à cette électrolyse dans une terre contenant des cailloux; l'anode est entourée de sulfate cuivrique solide.

La figure 2 montre les effets de l'électrolyse dans une terre imbibée de chlorure de sodium, les électrodes étant en cuivre; il se forme autour de la

cathode, qui reste invariable, une dissolution de soude mélangée de chlorure de sodium.

L'anode est entourée d'une couche blanche de chlorure cuivreux $CuCl$, puis d'une couche verte de chlorure cuivrique $CuCl^2$; la solution de ce sel se diffuse à travers le sol et vient vers le milieu de la cuve en contact avec la solution de soude; il se fait un dépôt d'hydrate de cuivre figuré par la première courbe dessinée entre l'anode et la cathode; il semble alors que ce dépôt serve de *cathode intermédiaire*, car il s'y forme du cuivre métallique provenant de l'électrolyse du chlorure cuivrique dissous et l'on assiste au cheminement, comme dans l'expérience précédente; des courbes nouvelles prennent naissance entre la première apparue et l'anode, jusqu'à ce qu'elles viennent en contact avec l'anode; toutes sont formées, de même que la première, d'hydrate de cuivre parsemé de cuivre métallique.

Le développement de ces deux expériences a pu être suivi d'une façon ininterrompue par l'observation directe et par la photographie à l'aide des rayons X.

OPTIQUE. — *Mesure de la double réfraction dans le verre trempé*. Note [1] de M. TAFFIN, présentée par M. H. Le Chatelier.

Il n'est pas toujours possible, notamment lorsqu'on étudie des verres un peu colorés, de mesurer la biréfringence sur des prismes de verre épais; on doit alors avoir recours à un compensateur très sensible permettant de mesurer de faibles différences de marche. En vue d'études sur la trempe du verre, nous avons étudié, sur les conseils de M. Henry le Chatelier, un dispositif dont le principe n'est d'ailleurs pas absolument nouveau.

L'appareil que nous avons perfectionné (*fig.* 1) se compose essentiellement d'une lame de verre à glace V, de 5^{mm}-6^{mm} d'épaisseur découpée en un rectangle de $50^{mm} \times 20^{mm}$. La lame V est prise entre deux mâchoires M_1 et M_2 d'une sorte de presse. M_1 est fixe; M_2 peut coulisser verticalement. Quatre tiges verticales C, disposées aux sommets d'un rectangle au centre duquel se trouve la lame, servent de guide à M_2.

Les mâchoires M_1 et M_2 dont les surfaces sont planes et parallèles doivent s'appliquer exactement sur les faces terminales de la lame, ce qui demande un ajustage un peu soigné. Pour avoir un contact plus parfait on intercale, entre la lame et la mâchoire, un petit rectangle de carton.

(1) Séance du 28 novembre 1921.

Un levier L, mobile autour de l'axe A, transmet à la lame V, par l'intermédiaire de la tige T, solidaire de la mâchoire M_1, un effort que l'on mesure d'une façon quelconque. Nous avons employé, à cet effet, un peson P,

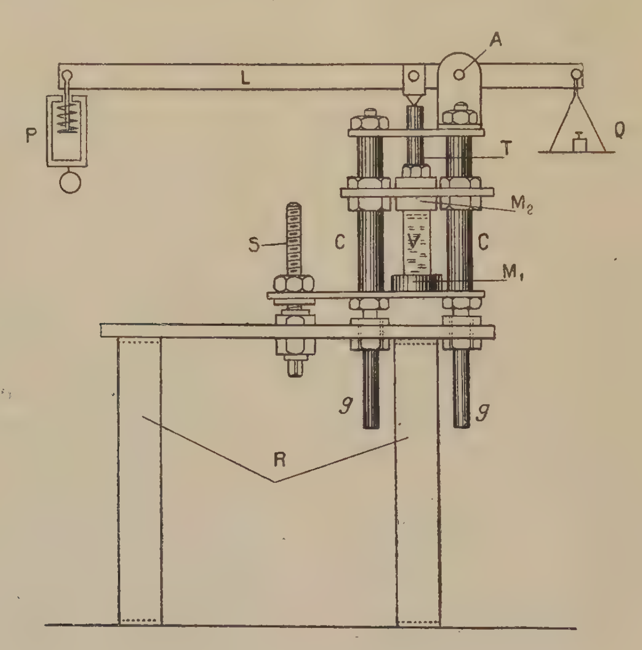


Fig. 1. — Compensateur ($\frac{1}{5}$).

gradué par quart de kilogramme. Un contrepoids Q équilibre aussi exactement que possible la masse du levier et du peson.

L'ensemble de la presse et de la balance est fixé à un support au moyen d'une vis S. La rotation de la vis permet d'élever la lame à la hauteur la plus convenable. Les tiges g, qui coulissent librement dans le support R, empêchent la rotation de l'ensemble de l'appareil.

On peut graduer le peson de façon à donner simplement F, c'est-à-dire l'effort réellement supporté par le verre.

Soient e l'épaisseur de la lame dans le sens du parcours du rayon lumineux, a sa longueur dans la direction perpendiculaire. L'effort par unité de surface que supporte la lame est $\frac{F}{ae}$. La biréfringence produite, Δ, lui est proportionnelle. Soit K le coefficient de proportionnalité. La différence de marche correspondant à cette épaisseur de verre, e, sera en $\mu\mu$:

$$(1) \qquad \delta = \Delta e = K\frac{F}{ae}e = K\frac{F}{a}.$$

Le verre à glaces employé pour nos expériences avait la composition suivante :

$$SiO^2 = 69\ \%; \quad Al^2O^3 = 0,77; \quad Fe^2O^3 = 1,23; \quad Mn^3O^4 = 0,7;$$
$$CaO = 16; \quad MgO = 0,2; \quad Na^2O = 11,83.$$

K avait pour valeur $2^{\mu\mu},43$, c'est-à-dire que la différence de marche causée par une pression de 1 kg : cm^2 dans une lame épaisse de 1^{cm} était de $2^{\mu\mu},43$.

Cet appareil nous a servi à étudier les effets optiques produits par la trempe du verre. Pour cela, nous taillons dans des blocs de verre de petits prismes de 15^{mm}, 10^{mm}, 5^{mm} auxquels nous laissons le dépoli de la meule. Puis, les saisissant par les deux faces opposées, de 15^{mm}, 5^{mm}, dans les mors d'une pince, nous les chauffons progressivement jusqu'à disparition du dépoli par glaçage de la surface. A partir de cette température, convenable pour la trempe du verre, nous laissons les échantillons refroidir à l'air. La trempe ainsi obtenue est sensiblement uniforme, d'une expérience à l'autre, la température initiale et la vitesse de refroidissement à l'air étant à peu près les mêmes pour tous les échantillons.

Pour les observations de la disparition de la double réfraction par recuit, nous plaçons le prisme de verre dans un support (*fig.* 2) constitué par un

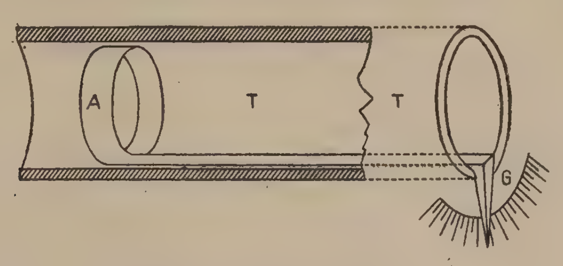


Fig. 2.

anneau A découpé dans un tube de cuivre et prolongé dans le plan d'une génératrice par une aiguille G. L'anneau était glissé dans un tube T en porcelaine d'un diamètre légèrement supérieur, dont l'axe était parallèle à l'axe de propagation de la lumière. En agissant sur G, on peut faire tourner autour de cet axe l'échantillon étudié. Une graduation fixe permet de mesurer l'angle de rotation.

Pour mesurer la biréfringence au centre du prisme, on place la lame de verre du compensateur entre deux nicols croisés dont les sections principales sont inclinées à 45° sur l'horizontale et l'on oriente l'échantillon de

telle façon que la différence de marche soit maxima. A ce moment on exerce un effort sur le peson du compensateur; on observe alors le déplacement de deux lignes noires qui séparent deux zones où les tensions dans l'échantillon sont de signe contraire. Ces lignes, initialement voisines des faces latérales et parallèles à ces faces, se rapprochent en s'incurvant; puis elles se soudent et le centre brillant du prisme de verre est entouré d'un cercle noir. Si l'on augmente l'effort sur le peson, ce cercle se rétrécit de plus en plus, et, pour un effort donné, le point central brillant disparaît. On note sur le peson la différence de marche, δ, correspondante.

Si E est le chemin parcouru par la lumière dans le prisme de verre étudié, sa biréfringence X est en valeur absolue

$$|X| = \frac{\delta}{E}.$$

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Nouvelles mesures de précision dans le spectre de rayons X.* Note de M. M. Siegbahn, présentée par M. Bouty.

Dès 1918, j'ai tenté d'augmenter le degré de précision des mesures spectrographiques dans le domaine des rayons X. Trois spectrographes, adaptés chacun à une région spectrale particulière, ont été construits dans ce but et étudiés. L'expérience a montré qu'il était possible d'atteindre un degré de précision inconnu auparavant. Dans le domaine des plus grandes longueurs d'ondes, une approximation, variant de 0,01 à 0,005 pour 100, a pu ainsi être atteinte. Deux de ces appareils ont pu servir à la mesure de la longueur d'onde de la ligne K_{α_1} du cuivre et ont donné :

	10^{-11} cm.
Spectrographe dans le vide..................	1537,36
» à longueurs d'ondes moyennes...	1537,44

Ces instruments ont été utilisés ensuite pour les recherches de Hjalmar, Stenström, Coster, Leide, Stensson et d'autres. Mais la solution de certains problèmes demande une approximation encore plus grande et j'ai été conduit à faire exécuter sur les mêmes principes, un nouvel instrument encore plus précis. Le cercle est très exact (erreur maximum, 2″); il porte deux microscopes à oculaires micrométriques afin d'éliminer les erreurs d'excentricité; il donne la position de la plaque photographique dont la monture peut tourner par rapport au cercle. La fente est très fine ($0^{mm},02$ à $0^{mm},03$); elle est portée par un tube métallique vissé sur le spectrographe. La face

active de l'anticathode est horizontale et le cristal est ajusté dans son plan, qui est normal à l'axe du cercle. Le cristal peut être réglé de telle sorte que sa face réfléchissante coïncide avec l'axe de rotation à $0^{mm},001$ près. Enfin les distances fente-axe et axe-plaque (environ 180^{mm}) sont rendues égales à $0^{mm},1$ près.

Lorsque la fente est disposée très près du foyer, les raies ont une courbure appréciable. Il faut alors mesurer les distances minimum et maximum de deux raies sur la plaque. Cette courbure est celle que la théorie prévoit.

Toutefois, malgré cette très fine fente, je n'ai pu faire apparaître de structure fine dans la série K du cuivre; en particulier j'ai recherché sans succès la ligne α_3 que Duane et Stenström ont signalée dans le spectre du tungstène.

J'ai utilisé deux spécimens de calcite, l'un de clivage brut, l'autre ayant une face polie. Les lignes n'ont présenté aucune différence, que le cristal tourne ou qu'il soit immobile. Douze clichés de premier ordre ont été pris, six pour chaque cristal, la température étant contrôlée, car elle exerce un léger effet sur la distance réticulaire. Les valeurs ci-dessous ont été corrigées de cet effet.

Angle de réflexion de premier ordre de la radiation K_{α_1} *du cuivre sur la calcite.*

	Face polie.	Face clivée brute.
	° ′ ″	° ′ ″
	14.42. 2,8	14.42. 0,0
	14.41.59,8	14.41.59,9
	14.41.59,6	14.41.59,2
	14.42. 1,3	14.41.58,0
	14.41.59,5	14.41.59,6
	14.42. 2,3	14.42. 5,5
Moyennes..	14.42. 0,8	14.42. 0,4

Comme on le voit, il n'y a aucune différence entre les valeurs fournies par les deux cristaux et l'on peut prendre, comme valeur définitive, la moyenne

$$14°42'0'',6$$

avec une approximation supérieure à la seconde, c'est-à-dire à environ 0,002 pour 100 près. En admettant pour distance réticulaire de la calcite la valeur

$$\log 2d = 0,7823347$$

à 18° C., on obtient pour la longueur d'onde

$$\lambda = 1537,302.10^{-11}\,\text{cm}.$$

J'avais trouvé en 1918 avec le spectrographe à vide la valeur

$$1537,36$$

en utilisant le sel gemme (7 clichés de 1er, 2e et 3e ordres) et la calcite (4 clichés de 1er, 2e et 3e ordres), mais ce résultat n'était pas corrigé de l'effet thermique qui est important, surtout pour le sel gemme.

Stenström a montré que la relation de Bragg

$$n\lambda = 2d \sin\varphi$$

n'était qu'approchée et que l'on ne pouvait obtenir, pour les réflexions dans les divers ordres, des chiffres concordants. Les valeurs des angles de réflexion que j'ai obtenues pour les trois premiers ordres confirment ce résultat trouvé sur le gypse par Stenström et Hjalmar. Les angles de premier ordre calculés au moyen des réflexions de deuxième et troisième ordres par les relations

$$\sin\varphi_1 = \frac{\sin\varphi_2}{2} \quad \text{et} \quad \sin\varphi_1 = \frac{\sin\varphi_3}{3}$$

sont en effet

Deuxième ordre..............	14°	41′	55″,0
Troisième ordre..............	14°	41′	54″,2

valeurs moyennes obtenues avec quatre clichés différents.

ÉLECTRICITÉ. — *Analogies et différences entre l'effet galvanomagnétique total et son corrélatif thermomagnétique.* Note (¹) de M. A. **Sellerio**, présentée par M. E. Bouty.

Je donnerai d'abord quelques autres renseignements sur le phénomène thermomagnétique total (²) qni résulte du transversal (ou de Ettingshausen et Nernst), de l'axial et de la perturbation en présentant *une suite de mesures pour angles* φ *variables entre* $\pm 90°$. Courant de chauffage 0,5 ampère, tout d'ailleurs étant comme dans la première Note.

(¹) Séance du 5 décembre 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 974.

Les deux sens du champ sont désignés respectivement par ⊙ et ⊕ :

φ	—90.	—75.	—60.	—45.	—30.	—15.
Effet ⊙	+237	+208	+175	+117	+55	—12
Effet ⊕	—241	—210	—175	—122	—64	0
Effet principal	+239	+209	+175	+119	+59	— 6
Perturbation	— 4	— 2	0	— 5	—11	—12

φ	0.	+15.	+30.	+45.	+60.	+75.	+90.
Effet ⊙	—76	—134	—183	—227	—252	—260	—254
Effet ⊕	+56	+114	+158	+197	+227	+243	+242
Effet principal	—66	—124	—170	—212	—239	—251	—248
Perturbation	—20	— 20	— 25	— 30	— 25	— 17	— 12

Si l'on porte les valeurs obtenues comme ordonnées sur l'abscisse φ on obtient pour l'effet principal une demi-sinusoïde avec point d'inversion

$$\varphi_0 = -15^\circ.$$

L'autre moitié s'obtient par report, car les valeurs de l'effet ⊙ pour un angle φ doivent coïncider avec ceux de l'effet ⊕ pour l'angle $\varphi \pm 180$.

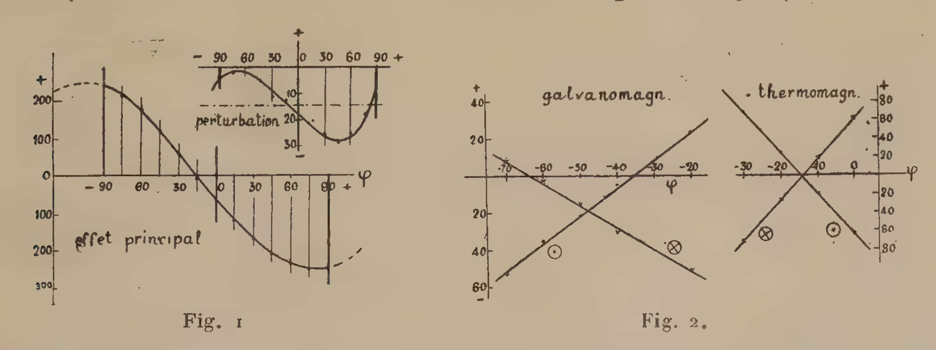


Fig. 1 Fig. 2.

La perturbation donne au contraire entre $\pm 90^\circ$, c'est-à-dire dans un intervalle de 180°, une sinusoïde entière.

Il n'en pouvait pas être autrement, car la perturbation ne s'invertissant pas avec le champ, doit être une fonction de φ à période π. Nous retrouvons ainsi les propriétés établies pour l'effet galvanomagnétique total.

Jusqu'ici, l'analogie entre les phénomènes thermomagnétiques et galvanomagnétiques est apparue complète, comme le faisaient prévoir les faits déjà connus et la théorie électronique des métaux. Mais un examen expérimental plus approfondi a présenté quelque chose de nouveau. Envoyons cette fois sur la même plaque, au lieu d'un flux de chaleur, un courant électrique, et mesurons l'effet total galvanomagnétique près des points d'inversion.

En regardant les deux figures (même champ H), on est frappé par des différences remarquables que je vais passer en revue.

a. Les deux points d'inversion de l'effet galvanomagnétique se confondent presque en un seul dans l'effet thermodynamique car *la perturbation* y est très petite.

b. En invertissant le champ, l'effet thermodynamique s'invertit presque symétriquement, c'est-à-dire qu'il conserve sa valeur absolue, au contraire de l'effet galvanomagnétique.

Cela tient à la différence *a*, entre la perturbation dans les deux cas.

c. Les points d'inversion, de l'effet thermomagnétique sont bien distincts de ceux de l'effet galvanomagnétique, c'est-à-dire pour annuler le premier il faut mettre la plaque à 14° ou 15°, tandis que pour le second il faut donner une inclinaison de 36° ou 63° selon les deux cas ⊙ et ⊕.

d. L'effet axial dans le cas thermomagnétique est bien plus petit. On a $\varphi_0 = 1,5$ (valeur absolue), $\tang \varphi_0 = 0,26$, c'est-à-dire que l'effet axial est 26 pour 100 du transversal (ou de Ettingsh. et N.). Pour l'effet galvanomagnétique en prenant la moyenne entre les deux points d'inversion 36° et 63° (la perturbation disparaît ainsi) on a $\varphi_0 \cong 50$, $\tang \varphi_0 > 1$, c'est-à-dire l'effet axial est ici plus fort même que celui transversal (ou de Hall) [1].

La différence entre les deux phénomènes galvanique et thermomagnétique peut être mise au jour d'une manière encore plus frappante, envoyant *simultanément* sur la plaque un flux de chaleur et un courant électrique.

En considérant les figures supérieures, on voit que pour $\varphi = 0$ l'effet galvanique est de sens opposé à l'effet thermomagnétique, par conséquent il doit être possible de régler les deux flux thermique et électrique de manière que les deux effets provoqués par le champ, par exemple dans le sens ⊙, se compensent pour un certain angle φ et un certain champ. Une fois cette compensation obtenue, si les deux effets ont une allure parallèle, ils doivent continuer à se compenser soit en variant l'angle, soit en renversant le champ.

Si cela n'arrive pas, les deux phénomènes ont des allures bien distinctes. L'expérience a confirmé en tout la seconde idée, comme on voit bien en consultant le Tableau qui va suivre.

Après avoir compensé par tentatives les deux effets galvanomagnétique

---

[1] Avec une autre plaque j'ai obtenu des effets axiaux soit galvanique, soit thermique plus petits. Cela tient à l'état de cristallisation, comme je l'ai démontré avec toute rigueur ailleurs (*Nuovo Cim.*, t. 22, 1921, p. 119).

et thermomagnétique pour $\varphi = 0$, je variais seulement l'angle φ ou bien le sens du champ. D'abord je mesurais le seul effet thermomagnétique en maintenant le courant de chauffage et en supprimant celui de la plaque, et aussitôt après je lisais les deux effets réunis en rétablissant le courant primaire; par différence on a le seul effet galvanomagnétique.

Ainsi les deux effets étaient obtenus dans les mêmes conditions, ce qui est toujours une bonne précaution lorsqu'on veut faire des comparaisons.

	φ.	0.	—15.	—30.	—45.	—60.	—75.	—90.
⊙	Les deux effets réunis...	0 comp.	+11	+18	+34	+40	+44	+46
	Seul thermomagnétique.	—28	— 4	+18	+43	+63	+78	+87
	Seul galvanomagnétique.	+28	+15	0	— 9	—23	—34	—41
⊕	Les deux effets réunis...	—13	—26	—38	—50	—58	—64	—66
	Seul thermomagnétique.	+22	0	—23	—44	—65	—78	—93
	Seul galvanomagnétique.	—45	—26	—15	— 6	+ 7	+14	+27

On voit que des deux effets thermomagnétique et galvanomagnétique c'est tantôt l'un, tantôt l'autre qui l'emporte, pendant que pour $\varphi = 0$ et ⊙ ils se compensent.

Il arrive ainsi ce fait singulier que près de —15, l'effet thermomagnétique disparaît et le galvanomagnétique se présente seul, tandis que, pour des angles voisins de —30 et de —52 selon les deux sens ⊙, ⊕, il arrive justement le contraire.

Ces différences rencontrées dans la même plaque et avec le même champ sont très remarquables et prouvent qu'entre les phénomènes galvanomagnétiques et les phénomènes thermomagnétiques il n'existe pas un parallélisme parfait. On ne peut pas se dissimuler que cela est un obstacle à l'encontre de toute théorie qui tend à unifier les phénomènes thermiques et électriques dans les métaux, en les rapportant à un modèle unique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le mécanisme du rayonnement lumineux continu.* Note de M. J. Duclaux.

La Chimie se représente les molécules comme formées d'atomes réunis par des liens ou valences. Les réactions consistent dans la rupture et l'établissement de ces liens et dans les échanges d'énergie qui les accompagnent. L'examen des relations qui existent entre l'absorption et l'émission lumineuses d'une part, et la rupture ou l'établissement des valences d'autre part,

m'a conduit en 1914 [1] à une hypothèse que l'on peut énoncer en abrégé de la manière suivante : l'émission et l'absorption du spectre continu sont sous la dépendance de l'établissement ou de la rupture des valences chimiques. Chaque valence émet de la lumière en s'établissant et en absorbe pour se rompre. Dans le cas où les réactions sont réversibles, l'énergie rendue libre par l'établissement d'une valence est rayonnée sous la forme d'un élément $h\nu$ de lumière, et l'absorption d'un élément $h\nu$ de lumière est accompagnée de la rupture d'une valence. La fréquence de la lumière émise ou absorbée est la même pour toutes les valences de même espèce placées dans les mêmes conditions.

Cette hypothèse a récemment reçu des confirmations intéressantes.

1° *Gaz monoatomiques.* — Dans ces gaz il n'y a pas échange de liens entre les atomes, au moins sous faible pression. Ils ne peuvent donc, d'après l'hypothèse, avoir de spectre continu d'absorption.

Cette conséquence est entièrement vérifiée pour les gaz rares de l'atmosphère. Ces gaz n'ont de spectre d'absorption continu ni dans l'infrarouge, ni dans le spectre visible, ni dans l'ultraviolet.

Le cas le mieux étudié est celui de l'hélium, pour lequel les observations de Mc. Lennan vont jusqu'à 500 Å.; ensuite vient l'argon qui, d'après Lyman, est transparent de l'infrarouge à 1250 Å.; enfin les autres gaz rares de l'atmosphère ont été étudiés de l'infrarouge à 1800 Å. Entre ces limites au moins les gaz monoatomiques apparaissent comme complètement transparents, propriété qui n'appartient à aucun gaz diatomique ou composé.

2° *Gaz diatomiques.* — Dans ces gaz tous les liens sont de même espèce. D'après l'hypothèse, leur spectre d'absorption doit se réduire à une bande unique dans toute l'étendue du spectre.

Cette conséquence est vérifiée, au moins dans le cas des halogènes Cl, Br, I. Tous trois sont transparents dans l'infrarouge, ont ensuite une bande d'absorption unique et redeviennent transparents dans l'ultraviolet. La vapeur de brome en particulier est, comme on le sait depuis Cornu, complètement transparente jusqu'à 1850 Å., tandis que le brome liquide est opaque pour tout l'ultraviolet.

Pour les gaz diatomiques H^2, O^2, N^2, les données expérimentales manquent, mais ce qu'on sait est d'accord avec l'hypothèse. Ces trois gaz sont transparents de l'infrarouge jusque vers 900, 1800 et 1650 Å. environ :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1879.

en ce point commence une bande d'absorption qui, dans le cas de l'oxygène, semble unique.

3° *Spectres d'émission.* — Il résulte encore de l'hypothèse que les gaz monoatomiques ne peuvent, à aucune température, émettre un spectre continu (du moins sous faible pression), mais uniquement un spectre de raies. La vérification de cette conséquence n'a pas été faite à ma connaissance, mais elle semble concorder avec les résultats généraux de la spectroscopie stellaire.

En effet, plus la température d'une étoile s'élève, plus les éléments qui la forment tendent vers l'état monoatomique. Imaginons qu'une étoile s'échauffe, tout en conservant la même densité : l'intensité du spectre continu qu'elle émet devra croître d'abord, passer par un maximum et décroître en devenant à la fin négligeable vis-à-vis du spectre de raies, pour lequel la même cause d'affaiblissement n'existe pas, sauf peut-être à température encore plus élevée.

La température du maximum ne peut pas être calculée car elle dépend de la masse et de la densité de l'étoile ; mais on peut en donner l'ordre de grandeur. Comme toutes les dissociations, la dissociation de la molécule en atomes admet une température critique ([1]) qui, pour la plupart des molécules, doit être inférieure à 10000°. Nous sommes donc conduits à placer au voisinage de ce point la température du maximum cherché.

Ces résultats concordent bien avec les données de l'expérience. Je rappellerai seulement à ce sujet que la température du Soleil (étoile à spectre continu prépondérant) est d'environ 6000°; que certaines étoiles blanches (spectre continu équivalent au spectre de raies) ont un éclat supérieur à celui du Soleil et qu'enfin la température de la nébuleuse d'Orion (spectre de raies brillantes) est d'environ 15000° d'après MM. Fabry, Buisson et Bourget.

Dans ce qui précède, le terme de spectre continu désigne bien entendu le spectre d'absorption ou d'émission ordinaire, limité par la courbe en cloche, et non le spectre continu à limite nette révélé par les rayons X.

([1]) *Soc. de Chimie physique*, séance du 28 avril 1921.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les dilatations à de hautes températures de quelques matériaux réfractaires*. Note de M. B. **Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On désigne sous le nom de *matériaux réfractaires*, certaines matières très peu fusibles, telles que la silice, les argiles, la magnésie, etc. employées pour la construction de la maçonnerie des fours et des foyers.

La connaissance du mode de dilatation des matériaux réfractaires est importante pour leur choix dans la construction des fours. Ainsi les fours à marche discontinue exigent par leur construction des matières réfractaires à plus faible coefficient de dilatation que les fours à marche continue, où les variations de température sont faibles.

La dilatation de quelques matières réfractaires a déjà été l'objet d'études de MM. Henry Le Chatelier, Coupeau, Emilio Damour, etc.

Dans la plupart de ces recherches, les mesures n'ont pas été poussées au delà de 800° à 1000°. Or, les fours industriels fonctionnant, le plus souvent, au-dessus de ces températures, il était très intéressant de rechercher ce que devient la dilatation des matières réfractaires au-dessus de 1000°.

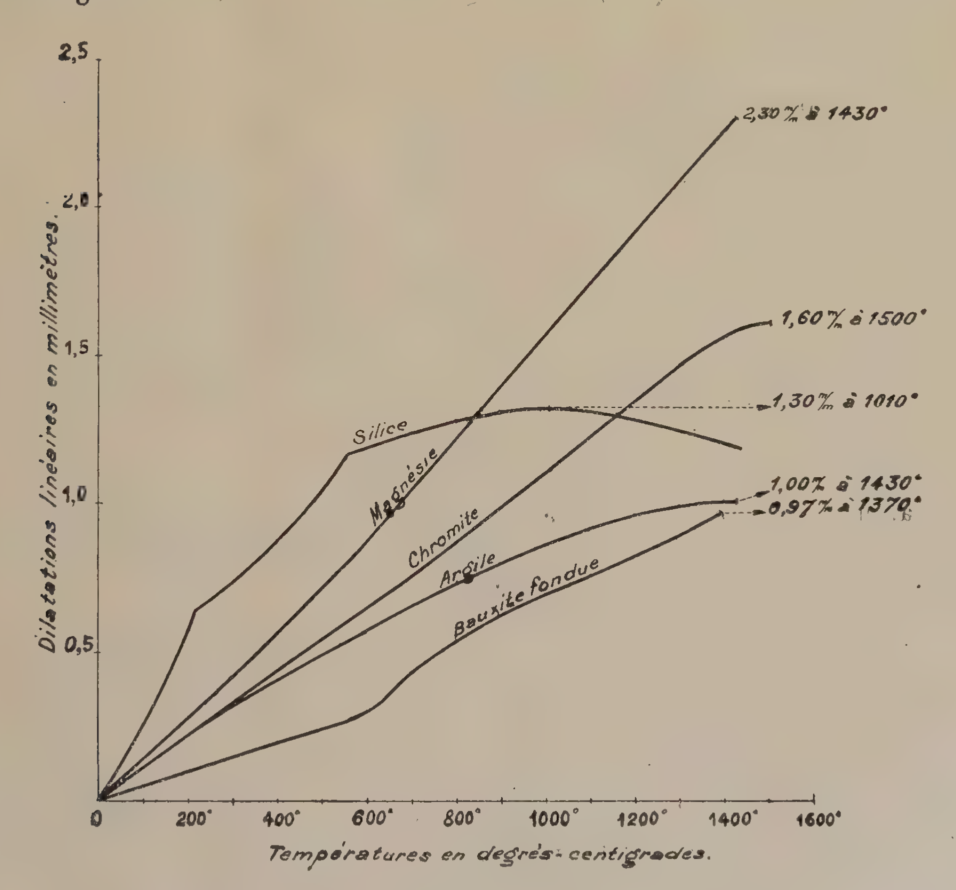
La méthode qui m'a servi pour observer les dilatations linéaires est la suivante : une éprouvette de 9^{cm} à 10^{cm} de longueur et de 3^{cm^2} à 4^{cm^2} de section, découpée dans une brique à essayer, est chauffée dans la position verticale, à l'intérieur d'un petit four de laboratoire, dont la température peut atteindre 1500°. A côté de l'éprouvette et reposant sur le même support, se trouve une tige de silice fondue, plus longue que l'éprouvette et sortant un peu du four. L'éprouvette porte sur son extrémité supérieure une autre petite tige de silice fondue, d'une longueur telle qu'ajoutée à celle de l'éprouvette, elle égale la longueur de la première tige de silice. Les différences de hauteur entre les deux tiges de silice, observées au cours de l'expérience au moyen d'une lunette munie d'un micromètre, représentent les différences de dilatation entre l'éprouvette et une même longueur de la tige de silice.

La dilatation vraie de l'éprouvette est égale, à chaque température, à la différence d'allongement observée, augmentée de l'allongement de la tige de silice.

Voici la composition centésimale de quelques-unes des matières réfractaires qui ont servi à mes expériences.

	SiO^2.	FeO.	Fe^2O^3.	Al^2O^3.	Cr^3O^3.	CaO.	MgO.	Na^2O.	Non dosés.
Brique de bauxite fondue....	32,25	〃	0,50	64,53	〃	〃	〃	〃	1,62
Brique d'argile..............	62,49	〃	0,46	21,50	〃	〃	〃	3,75	1,80
Brique de chromite.........	5,15	9,44	〃	9,20	50,23	〃	〃	〃	25,98
Brique de silice..............	94,71	〃	3,24		〃	1,60	〃	〃	0,45
Brique de magnésie.........	7,50	〃	2,30		〃	3,12	88,32	〃	〃

Les résultats de mes expériences sont représentés par le diagramme ci-après où, sur les abscisses, sont portées les températures et, sur les ordonnées, les allongements en millimètres rapportés à des éprouvettes de 100^{mm} de longueur.



On voit que l'allongement le plus faible se rapporte à la brique de bauxite fondue, produit très riche en alumine et pauvre en silice. C'est donc une matière réfractaire qu'on doit employer pour les fours à allure brutale, tels

que les fours à huile lourde où souvent, en moins d'une heure ou deux, la température s'élève de 0° à 1600°.

La dilatation de la brique de silice est des plus irrégulières.

Très forte jusqu'à 600°, elle devient très faible ensuite. Au-dessus de 1000°, une faible contraction succède à la dilatation. On trouve sur la courbe de la silice deux points singuliers : l'un au voisinage de 210°, l'autre aux environs de 570°. Ce sont les points de transformation de la cristobalite et du quartz. Les briques de silice sont, en effet, généralement formées d'un mélange de deux variétés de silice. On voit par là que la mise en feu des fours continus, construits avec ces briques, doit être progressive. D'après mes expériences, la vitesse d'échauffement doit être inférieure à 50° par heure, pour éviter la rupture des briques.

La dilatation des briques d'argile est intermédiaire entre celle de la bauxite et celle de la silice. C'est un fait connu que plus l'argile est riche en silice, plus son allongement est fort et irrégulier. Les briques d'argile, riches en alumine, conviennent pour les fours à marche discontinue.

Les courbes relatives à la magnésie et à la chromite indiquent de très forts allongements. Ces matières ne conviennent donc que pour les fours à marche continue. Toutefois, la dilatation de la chromite est plus faible que celle de la magnésie. Il en résulte que la première doit se comporter mieux que la seconde, au moment de l'allumage ou de l'extinction des fours. L'expérience industrielle confirme cette observation.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement de la chaux par les précipités d'oxyde ferrique.* Note de M. **A. Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [1] M. Toporescu a étudié la variation du poids de chaux entraînée par l'oxyde ferrique en fonction des concentrations des solutions en chlorure ferrique et en chlorure de calcium.

Le poids de chaux entraînée semble devoir être fonction de la concentration de chaux existant dans la solution saline, au moment de la précipitation de l'oxyde ferrique par l'ammoniaque. L'excès d'ammoniaque donnant en présence du chlorure de calcium l'équilibre suivant :

$$CaCl^2 + 2NH^3 + 2H^2O = 2NH^4Cl + CaO.H^2O,$$

[1] *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 125.

d'après la loi de l'action de masse, la concentration de l'hydrate de chaux doit varier dans le même sens que celles du chlorure de calcium et de l'ammoniaque et en sens contraire de celle du chlorhydrate d'ammoniaque. C'est ce que nous nous sommes proposé de vérifier.

Influence du chlorure de calcium. — 1° Pour les faibles concentrations, d'après M. Toporescu, le poids de chaux entraînée croît d'abord avec la concentration de la solution en chlorure de calcium pour tendre ensuite vers une limite fixe.

2° Pour les concentrations supérieures nous avons obtenu les chiffres suivants (la précipitation était réalisée en mettant en présence une quantité constante d'ammoniaque et 50^{cm^3} de solution) :

Composition.

Solution.	Précipité.		
$CaCl^2$ pour 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO pour 100.
3,87	0,0312 g	0,222 g	14,2
4,28	0,03168	»	14,4
4,83	0,0319	»	14,5
11,8	0,0327	»	15

L'entraînement croît très lentement avec la concentration en chlorure de calcium. Ces résultats se raccordent exactement à ceux de M. Toporescu correspondant à des concentrations plus faibles.

Influence de l'ammoniaque. — Le poids de chaux entraînée augmente d'abord avec les proportions croissantes d'ammoniaque, puis passe par un maximum et diminue ensuite.

Composition.

Solution.		Précipité.		
$CaCl^2$ p. 100.	AzH^3 p. 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO p. 100.
4,83 g	2 g	0,0222 g	0,222 g	10
»	4	0,0319	»	14,5
»	6	0,0428	»	19,4
»	8	0,0532	»	24,2
»	10	0,0461	»	21,1
»	12	0,0355	»	16,1

On peut attribuer l'existence de ce maximum à ce qu'il se forme entre l'ammoniaque et le chlorure de calcium une combinaison d'addition, favorisée par une forte concentration d'ammoniaque dans la solution. Cette

combinaison diminue donc la concentration de la solution en ammoniaque et en chlorure de calcium et amène une décroissance de l'entraînement.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons mesuré les tensions de l'ammoniaque en présence de quantités croissantes de $CaCl^2$ ou de NaCl :

		Tensions en centimètres de mercure.
Solution concentrée d'ammoniaque	à 12^{mol} par litre	17,6
	+ 24 p. 100 de $CaCl^2 6H^2O$.	15,5
	+ 58,5 » de $CaCl^2 6H^2O$.	13,1
	+ 17,5 » de NaCl	19,2
	saturée de NaCl	21,05

La présence du chlorure de sodium, qui ne donne aucune combinaison avec l'ammoniaque, augmente, comme on pouvait le prévoir, la tension de vapeur de la solution ammoniacale; au contraire, la présence du chlorure de calcium diminue cette même tension; cela prouve donc l'existence d'une combinaison ammoniacale avec le chlorure de calcium.

On aurait pu attribuer aussi la diminution de tension de l'ammoniaque à la formation d'un oxychlorure, mais ces derniers sont très peu solubles; or, malgré la forte proportion d'ammoniaque entrant en réaction, nous n'avons observé aucun précipité.

Influence du chlorhydrate d'ammoniaque. — Le poids de chaux entraînée diminue lentement quand la concentration du chlorhydrate d'ammoniaque augmente.

Composition.

Solution.		Précipité.		
$CaCl^2$ p. 100.	AzH^4Cl p. 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO p. 100.
4^g,28	0^g,3	0^g,03168	0^g,22	14,4
»	2,3	0,0255	»	11,4
»	4,3	0,0205	»	9,33
»	6,3	0,01776	»	8,5

Conclusion. — Pour se rapprocher dans les analyses chimiques des conditions d'entraînement minimum, il faut opérer sur une liqueur très peu concentrée en chlorure de calcium et employer une quantité d'ammoniaque aussi faible que possible pour précipiter l'oxyde ferrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les indigos halogénés.*
Note de M. **Grandmougin**.

Dans une Note précédente ([1]), nous avions étudié l'indigo octobromé, obtenu par voie synthétique, et démontré que, conformément aux prévisions théoriques, déduites de l'étude des spectres d'absorption des dérivés moins bromés, sa nuance ne devait pas être plus verdâtre que celle du dérivé hexabromé 4.5.7.4'.5'.7'.

Il est intéressant de constater que cette particularité, qui est due à l'influence érythrogyre des positions 6 et 6', peut également être vérifiée dans la série des dérivés chlorés où l'octochlorindigo est plus violet que le dérivé tétrachloré 5.7.5'.7' et, naturellement, que le penta et l'hexachlorindigo.

Il est surtout intéressant de constater que le rougissement de la nuance est provoqué par l'apparition d'une nouvelle absorption dans la région verte du spectre. Cette absorption annihile le verdissement de la nuance que provoquerait sans cela le déplacement de la raie principale dans la région rouge du spectre.

D'autre part, l'indigo tétrachloré 5.7.5'.7' est plus violet que le dérivé tétrabromé de même position, le chlore ayant une influence moins bathochromique que le brome, qui lui-même colore moins que l'iode ([2]).

On se rend bien compte de ces particularités en examinant le tableau suivant où nous avons consigné les spectres d'absorption de divers indigos halogénés, étudiés en collaboration avec M. Pierre Seyder.

Indigos.	Raies d'absorption en solution de xylène.		Raies d'absorption en solution de benzoate de méthyle.	
	μμ	μμ	μμ	μμ
Indigo	590,3	"	"	"
6.6'-dibromindigo	591,6	536,5	593,5	554,0
6.6'-diiodindigo	598,0	546,5	600,9	558,1
4.7.4'.7'-tétrachlorindigo	596,7	546,8	600,6	551,7
5.7.5'.7'-tétrachlorindigo	609,0	"	616,6	"
5.7.5'.7'-tétrabromindigo	613,2	"	"	"
4.4'.5.5'-dichlordibromindigo	612,5	"	631,3	"
4.5.6.7.4'.5'.6'.7'-octochlorindigo	606,9	555,4	604,3	555,2

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1921, p. 982.

([2]) Cette particularité se vérifie du reste encore dans d'autres groupes de couleurs, en particulier dans celui des éosines, qui sont des dérivés bromés et iodés de la fluorescéine.

Les dérivés iodés sont évidemment sans intérêt technique; si nous avons préparé le 6.6′-diodindigo, c'est précisément pour démontrer que l'influence chromogène de l'iode dépassait celle du brome et du chlore ([1]).

Ces dérivés halogénés en 6.6′ ne peuvent être obtenus par la voie directe, à partir de l'indigo; on les prépare par des méthodes synthétiques diverses.

Dans le cas spécial, ils ont été préparés, à partir du 6.6′-diaminoindigo par la réaction de Sandmeyer.

La loi de bromuration que nous avons établie pour l'indigo se vérifie également, dans les cas que nous connaissons jusqu'à présent, pour ses dérivés.

C'est ainsi que par bromuration du 6.6′-dibromindigo on peut préparer le 5.6.7.5′.6′.7′-hexabromindigo, de même qu'à partir du 6.6′-dichlorindigo on forme le 6.6′-dichlore-5.7.5′.7′-tétrabromindigo (brevet allemand n° 195 291) qui sont du reste sans intérêt technique par suite de leur nuance violette. En bromant le 4.4′-dichlorindigo, on prépare le 4.4′-dichlore-5.5′-dibromindigo (brevet français n° 409 618; brevets allemands n°s 234 961 et 235 631) utilisé industriellement pour sa nuance bleu verdâtre qui ne change pas à la lumière artificielle.

La loi s'applique même aux dérivés aminés; ainsi le 6.6′-diaminoindigo fournit par bromuration le 6.6′-diamino-5.7.5′.7′-tétrabromindigo (qui est un colorant brun), car par désamidation on obtient le 5.7.5′.7′-tétrabromindigo.

Autant qu'on peut en juger d'après les éléments que nous possédons, la chloruration obéirait à la même loi que la bromuration, puisque la chloruration de l'indigo donne le 5.7.5′.7′-tétrachlorindigo ([2]); la chloruration du 5.5′-dibromindigo le 5.-5′ dibrome-7.7′-dichlorindigo ([3]) (brevets allemands n°s 237 262, 293 314).

([1]) A un autre point de vue, nous avions pensé que cet indigo, ou plutôt l'indoxyle correspondant, pouvait se trouver peut-être dans quelques coquillages, comme le 6.6′-dibromindigo qui est le constituant principal de la pourpre antique.

([2]) Cet indigo peut aussi être obtenu d'après d'autres procédés (*Comptes rendus*, t. **149**, 1909, p. 1383; t. **150**, 1910, p. 282).

([3]) On peut cependant faire remarquer ici qu'il s'agit de la chloruration en présence de solvants organiques neutres; si l'on chlore en présence d'acide acétique, il se forme, par suite d'oxydation des dérivés du déhydroindigo, de sorte que l'orientation est déterminée par ce nouveau composé, qui ne dirige pas nécessairement dans les mêmes positions que l'indigo, quoique cela paraisse assez probable.

Au point de vue de la coloration il faut souligner une fois de plus l'influence prédominante des positions 6 et 6', qui se manifestent au point d'anihiler l'action verdissante des groupes voisins comme dans le 5.5'.6.6'-tétrachlorindigo (brevet français n° 440462) et dans les dérivés octohalogénés.

D'autre part on s'explique difficilement pourquoi le 4.7.4'.7'-tétrachlorindigo est seulement bleu violacé, alors que le 4.4'.-dichlore-5.5'-dibromindigo est un bleu verdâtre. Il se produit sans doute des actions conjuguées des substituants et il faut, en outre, admettre que les différentes positions ne possèdent pas la même influence chromogène. La nuance des colorants est donc la résultante de divers facteurs dont nous ne pouvons encore estimer suffisamment l'action hypsochromique ou bathochromique. Enfin il nous manque encore certains éléments d'appréciation ; une étude des dérivés 7.7', peu connus encore, serait à ce point de vue particulièrement intéressante.

En tous les cas on verra, par cet exposé, qu'il existe encore certaines difficultés pour prévoir avec certitude la nuance de nouveaux composés indigoïdes, leurs propriétés tinctoriales et leur solidité aux divers agents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des polyphénols par voie humide.* Note de MM. **J.-B. Senderens** et **J. Aboulenc**, présentée par M. Georges Lemoine.

L'hydrogénation catalytique du phénol et de ses homologues en présence du nickel divisé est une opération qui se fait aisément soit par voie sèche, soit par voie humide. Il n'en est plus de même lorsque la réduction porte sur les polyphénols. Lorsqu'on opère par voie sèche, on est obligé, sous peine de destruction, de se tenir à une température voisine de 130°, à laquelle ne correspond qu'une volatilité assez faible du polyphénol. C'est en opérant de la sorte que Sabatier et Mailhe ont réussi à obtenir de petites quantités de cyclohexanediols ortho, méta, para et des cyclohexanetriols 1.2.3, en partant des phénols correspondants [1].

Par voie humide, les réductions des polyphénols en présence du nickel se bornaient jusqu'ici à celle de l'hydroquinone pour arriver à la quinite,

---

[1] Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 1193.

obtenue par Ipatiew à 200° sous une pression supérieure à 200^{kg} [1], tandis que Brochet, dans son appareil à agitation, et en dissolvant l'hydroquinone dans le cyclohexanol, préparait cette même quinite à une température beaucoup moins élevée et sous une faible pression [2].

Or si l'on essaie d'hydrogéner par voie humide la résorcine, on constate qu'en opérant à 200° et à haute pression, on a principalement des produits de destruction, tandis qu'à basse température et sous une pression faible, même avec l'agitation, l'hydrogénation ne se fait pas.

Nous avons été ainsi conduits à opérer la réduction des polyphénols sous une pression assez forte et à une température aussi basse que possible, dans une bombe munie d'un manomètre et soumise à un mouvement de va-et-vient qui servait à l'agiter.

Dans ces conditions, 1^{kg} de résorcine, en solution dans l'alcool ou dans l'eau, a été transformé en 4 heures en cyclohexanediol-1.3. Par le même procédé, nous avons obtenu tout aussi aisément la réduction totale de la pyrocatéchine, du pyrogallol, de la phloroglucine et de l'oxyhydroquinone.

Nous nous bornerons, dans cette Note, à signaler les faits suivants relatifs aux diphénols :

Quinite. — *Cyclohexanediol*-1.4. — Sous une pression de 30^{kg}, la réduction de l'hydroquinone se fait à 130° en solution alcoolique et à 115° en solution aqueuse. Dans les deux cas on a la même quinite, qui distille sans décomposition à 247°-248° ($H = 758^{mm}$) et se prend en une marne blanche fondant à 95°.

Sous la même pression de 30^{kg} et à la température de 200° la réduction fournit une quinite absolument identique à la précédente, sans produits accessoires, ce qui montre que la transformation de l'hydroquinone en quinite offre une très large marge de température.

Résorcite. — *Cyclohexanediol*-1.3. — Opérée à 180° et sous la pression de 50^{kg}, la réduction de 1^{kg} de résorcine en solution alcoolique a donné à peine 270^{g} de cyclohexanediol-1.3, le reste étant constitué surtout par du cyclohexanol (650^{g}). On peut admettre qu'on aurait d'abord :

COH
CH / \ CH
CH \ / COH
CH
Résorcine.

$+ 3H^2 =$

CHOH
CH^2 / \ CH^2
CH^2 \ / CHOH
CH^2
Cyclohexanediol-1.3 (Résorcite).

---

[1] Ipatiew, *Bull. Soc. chim.*, t. 4, 1908, p. 845.

[2] Brochet, *Bull. Soc. chim.*, t. 14, 1914, p. 588.

Une partie de cette résorcite, par une hydrogénation plus avancée, perdrait 1^{mol} d'eau pour donner le cyclohexanol plus stable que la résorcite :

$$\text{CHOH}\;(\text{CH}^2,\ \text{CH}^2,\ \text{CH}^2,\ \text{CH}^2,\ \text{CH}\,\text{OH}) + H^2 = \text{CHOH}\;(\text{CH}^2,\ \text{CH}^2,\ \text{CH}^2,\ \text{CH}^2,\ \text{CH}^2) + H^2O.$$

Résorcite. Cyclohexanol.

En nous tenant à la même pression, nous avons cherché la température minima à laquelle la dépression du manomètre de la bombe indiquerait l'absorption de l'hydrogène par la résorcine. Cette température varie, comme pour la quinite, avec le dissolvant eau ou alcool. En solution alcoolique, la réduction commence vers 120° et est rapide à 130°. En solution aqueuse, la réduction se fait lentement à 95° et rapidement à 105°.

Le cyclohexanediol-1.3 (résorcite) ainsi obtenu distille sans décomposition et sans résidu à 246°-247° ($H = 753^{mm}$). Le produit distillé donne par refroidissement une masse vitreuse fondant vers 45°. La résorcite est très soluble dans l'eau, les alcools éthylique et méthylique; un peu soluble à chaud dans l'éther, la benzine, l'éther acétique, d'où elle se dépose par refroidissement.

Pyrocatéchite : *Cyclohexanediol*-1.2. — Elle résulte de la réduction de la pyrocatéchine qui, sous la pression de 30^{kg}, se fait à 120° en solution alcoolique, et à 145°, sous 40^{kg} en solution aqueuse. Elle se présente sous la forme d'une masse blanche à reflets cristallins, qui fond à 72° et qui bout sans décomposition ni résidu à 229°-230° ($H = 760^{mm}$).

Elle se comporte vis-à-vis des solvants comme la résorcite.

Nous avons reconnu que les trois cyclohexanediols ainsi obtenus sont des mélanges de cis et de trans.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés de l'érythrite acétylénique*

$$CH^2OH.CHOH.C \equiv C.CHOH.CH^2OH.$$

Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

Nous avons montré, M. Bresch et moi, que l'éther dichloré

$$CH^2Cl.CHCl.O.C^2H^5$$

réagit sur les dérivés magnésiens mixtes par son chlore secondaire, et qu'en particulier avec le dérivé dimagnésien de l'acétylène on obtenait ainsi un

liquide répondant à la formule attendue

$$\begin{array}{c} CH^2Cl - \underset{\displaystyle OC^2H^5}{\underset{|}{CH}} - C \equiv C - \underset{\displaystyle OC^2H^5}{\underset{|}{CH}} - CH^2Cl \end{array}$$

mais que ce liquide devait être un mélange de deux corps, un inactif et un racémique, car par addition de deux atomes de brome il fournit deux isomères différents, bien cristallisés, et dont l'isomérie ne paraît pas d'ordre cis et trans.

On pouvait espérer qu'il serait aisé de passer de ces éthers oxydes aux glycols correspondants, mais quelques essais faits dans cette direction ont montré qu'il en était autrement, et je me suis préoccupé d'arriver directement à ces glycols en partant de l'aldéhyde monochlorée.

L'action de celle-ci sur le dérivé magnésien de l'acétylène est fort énergique aussi convient-il d'opérer en présence d'une grande quantité d'éther. Quand on juge la réaction terminée on traite par l'eau acidulée et l'on extrait à l'éther. Après évaporation de ce solvant il reste une masse noire, visqueuse, ne donnant que des produits de destruction quand on la chauffe dans le vide de la trompe à eau.

En vue d'arriver à quelque chose de défini, et me rappelant que la fixation de brome sur l'éther mentionné au début de cette Note permettait d'arriver à des corps cristallisés, j'ai ajouté de ce métalloïde à la masse visqueuse, dissoute au préalable dans du chloroforme, m'arrêtant lorsque cette addition ne provoquait plus une élévation de la température. On a ensuite évaporé le solvant, mais il est resté une masse noire dont l'aspect était encore moins encourageant que celui du produit initial.

Néanmoins, au bout de plusieurs mois, il est apparu des cristaux, et après un séjour de quelques années sur une assiette poreuse, on a pu recueillir une quantité intéressante de ceux-ci. Pour les purifier on les a d'abord dissous dans du benzène bouillant qui les a laissés déposer un peu grisâtres; on les a ensuite redissous dans de l'acétate d'éthyle bouillant; par refroidissement on les voit alors se déposer en prismes de 4^{mm} à 5^{mm} de côté, même si l'on n'a opéré que sur peu de matière. Ces cristaux qui appartiennent au système monoclinique, et dont l'étude a été faite, fondent à 141°-142°,5. Leur composition répond à la formule

$$CH^2Cl.CHOH.CBr = CBr.CHOH.CH^2Cl;$$

on y a trouvé une proportion d'halogènes égale à 67,50 pour 100, la

théorie exigeant 67,34. Une cryoscopie acétique avec abaissement de 0°,47 a indiqué un poids moléculaire égal à 353, la théorie exigeant 343.

Comme dans le cas de l'éther diéthylique du glycol acétylénique, on devrait obtenir deux dibromures. Mais les conditions dans lesquelles on a dû opérer permettent de penser que l'un d'eux a été absorbé par la porcelaine poreuse.

Le moyen que nous venons de décrire permet bien d'arriver à un corps défini, mais il est par trop long, aussi en avons-nous cherché un autre. Le glycol obtenu dans la réaction magnésienne est la dichlorhydrine αα d'une érythrite acétylénique; il était donc à présumer qu'en le traitant par la potasse en poudre on arriverait à un dioxyde d'éthylène probablement distillable. En effet, quand on ajoute de la potasse à la masse visqueuse signalée plus haut, après l'avoir étendue d'éther, on observe un échauffement notable, et, peu à peu, il se précipite au fond du vase un magma noirâtre, tandis que l'éther devient limpide. Quand l'addition de potasse n'a plus d'effet, on décante l'éther et on le distille sous pression réduite; il passe une huile incolore de 80° à 170°, température à laquelle se produit une décomposition brusque de ce qui reste dans le ballon. L'huile rectifiée passe à 87°,5-88°,5 sous 10^{mm}, elle cristallise quand on la refroidit par un mélange de glace et de sel, sa densité à 0° égale 1,417.

Son analyse indique bien qu'on est en présence du dioxyde

$$CH^2\overset{O}{\diagup\diagdown}CH - C \equiv C - CH\overset{O}{\diagup\diagdown}CH^2;$$

on y a trouvé, en effet, C = 65,28; H = 5,75; d'où, par différence, O = 28,97. La théorie exigerait 65,45; 5,45; 29,09. Une cryoscopie acétique, avec un abaissement de 0°,49 a indiqué un poids moléculaire égal à 109,6, la théorie voulant 110.

Ce corps se dissout dans l'eau froide à la longue, dans l'eau bouillante en quelques heures. L'évaporation de cette solution fournit des cristaux à saveur un peu sucrée.

Malgré la constance du point d'ébullition du dioxyde, il peut être formé par un mélange de stéréoisomères; son étude est poursuivie dans cette direction.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Synthèse d'un principe azoté des végétaux, l'acide cyanhydrique, par oxydation de l'ammoniaque et des hydrates de carbone, de la glycérine ou de l'aldéhyde formique.* Note de **M. R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

1. L'acide cyanique précède et produit l'urée, comme dans la synthèse de Wœhler :

$$CONH.NH^3 \rightarrow CO\begin{matrix}\diagup NH^2\\ \diagdown NH^2\end{matrix},$$

lorsqu'on oxyde, avec NH^3, non seulement les hydrates de carbone, les protéiques et les corps qui en dérivent ou qui les composent (acides aminés, glycérine, formaldéhyde, acide oxamique, formamide, etc.) ([1]), mais aussi plusieurs représentants des fonctions : alcool, phénol, aldéhyde, acétone, acide, amine, amide, nitrile et carbylamine ([2]).

2. Quel est le terme précurseur qui, dans ces expériences, produit l'acide cyanique? Ce ne peut être que l'acide cyanhydrique.

On sait, en effet, avec quelle facilité les cyanures se transforment en cyanates, soit par voie sèche (Liebig, Wœhler, Wurtz, Bell), soit par voie humide (Masson, Reychler, Volhard, Ullmann, Paterno, etc.).

3. Tandis que l'acide cyanhydrique se forme souvent dans l'oxydation nitrique de substances non azotées (Gill et Meusel, Buols, Evans et Desch, Seyewetz et Poizat, etc.), on n'a jamais pu, par contre, l'obtenir par l'action de réactifs oxydants sur l'ammoniaque et les corps sans azote. C'est en vain que nous avons cherché, durant plusieurs années, à le déceler dans nos réactions d'oxydation, productrices de carbimide et de carbamide.

Après nombre d'essais infructueux, ce nitrile nous est apparu à l'état de traces, puis nous avons, enfin, découvert les conditions qui permettent de stabiliser, d'isoler aisément et de doser, parfois, en quantités notables, ce terme intermédiaire, demeuré si longtemps insaisissable.

Pour atteindre ce but, nous provoquons l'oxydation en présence d'un sel d'argent ou de mercure.

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 320, 908, 1164; t. 169, 1919, p. 91; t. 171, 1920, p. 635, 722; t. 172, 1921, p. 161; *Annales Inst. Pasteur*, 1920, p. 715-762; *Bull. Soc. chim.*, 1921, p. 158-203.

([2]) R. Fosse et G. Laude, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 684, 1240; t. 173, 1921, p. 318.

4. *Synthèse de l'acide cyanhydrique par oxydation de principes naturels en présence de sel d'argent :*

a. La solution de *glycérine* (1^g) et de nitrate d'argent ($0^g,5$) dans de l'ammoniaque concentrée (15^{cm^3}), reçoit, en plusieurs fois, du permanganate de potassium pulvérisé (9^g). On triture et réduit l'excès du réactif oxydant à l'aide d'ammoniaque concentrée, on essore et acidule par l'acide nitrique. Le précipité, lavé, chauffé avec du chlorure de potassium dissous, donne une liqueur produisant avec intensité les réactions du bleu de Prusse et du sulfocyanate ferrique.

b. Même résultat positif en traitant par le permanganate calcique et le nitrate d'argent, en solution ammoniacale : le *glucose*, la *dextrine*, l'*amidon*, la *cellulose* en solution dans la liqueur de Schweitzer, la *glycérine* et la *formaldéhyde*.

5. *Synthèse de l'acide cyanhydrique par oxydation de la glycérine et de l'aldéhyde formique en présence d'oxyde ou de sel de mercure.* — Du permanganate de potassium pulvérisé (9^g) est ajouté à de la glycérine (1^g) dans de l'ammoniaque concentrée (15^{cm^3}), tenant en suspension de l'oxyde de mercure (1^g). Après décoloration par l'ammoniaque (10^{cm^3}), on essore et chauffe la liqueur avec du zinc et de l'acide sulfurique dans un appareil distillatoire. Le liquide obtenu produit les réactions de l'acide cyanhydrique.

6. *Dosages de CNH, formé par oxydation permanganique, en milieu argentico-ammoniacal, des hydrates de carbone, de la glycérine et de la formaldéhyde.* — L'acide cyanhydrique a été titré par la méthode de Denigès, dans le produit de la distillation des liqueurs d'oxydation, additionnées de HCl :

Matière.	Poids.	NH^3 à 22°.	NO^3Ag.	$(MnO^4)^2Ca$.	NH^3 pour décolorer.	Durée d'introduction du permanganate, en minutes.	Température maxima.	HCN formé pour 100^g de matière.
	g	cm³	g	g	cm³		°	g
Glucose...........	1	20	1,5	10	20	»	35	0,97
Saccharose.........	1	20	1	20	20	»	60	0,86
Amidon...........	0,5	10	1	5	10	30′	30	0,86
Amidon et CO^3Cu..	0,5	10	1	5	10	30	50	1,6
Dextrine..........	0,5	10	1	6	»	55	»	0,97
Dextrine et CO^3Cu.	0,5	10	1	6	10	»	»	1,62
Cellulose..........	0,5	20	1	6	»	35	40	1,72
Glycérine..........	1	65	1	25	»	25	»	3,61
Trioxyméthylène...	1	25	3	20	15	»	20	8,58

L'aldéhyde formique manifeste donc une aptitude exceptionnelle à engendrer l'acide cyanhydrique. Ces résultats sont en harmonie avec la faculté qu'il possède de produire des quantités considérables d'acide cyanique et d'urée dans les expériences que nous avons précédemment décrites.

7. Ainsi, la destruction par oxydation énergique, la combustion par voie humide, ou, s'il est permis de s'exprimer ainsi, la respiration *in vitro* des principes carbonés naturels, *riches en oxygène* et *sans azote*, engendre une substance, *dépourvue d'oxygène* et *renfermant de l'azote*.

Pour expliquer la présence si souvent constatée de l'acide cyanhydrique dans les plantes (Robiquet, Boutron-Charlard, Dunstan, Henry, Jorissen, Greshoff, Treub, Guignard, Bourquelot, Bertrand, Hérissey, Danjou, Laurent, Powwer, Lees, etc.), on n'a proposé que des phénomènes de *réduction*, en prenant comme source d'azote, les nitrates, et de carbone, soit la formaldéhyde (A. Gautier), soit les hydrates de carbone (Ravenna).

Nos expériences nous conduisent à penser que ce terme, intermédiaire entre l'azote minéral et l'azote organique, qui, d'après Gautier et Treub, engendre les protéiques végétaux, peut *aussi* se former dans la cellule de la plante, en dehors de l'acte chlorophyllien, comme dans nos expériences, grâce à un phénomène d'*oxydation*, aux dépens de la formaldéhyde ou des hydrates de carbone, d'une part, et de l'ammoniaque ou de ses produits d'oxydation incomplète, d'autre part ([1]).

La formation par la cellule végétale de l'ammoniaque, qu'on trouve d'ailleurs dans tous les tissus animaux, s'appuie sur les phénomènes de réduction, subis par les nitrates dans les plantes (Schlœsing fils) et s'accorde, en outre, avec la propriété de ces êtres vivants d'assimiler indifféremment l'azote nitrique ou l'azote ammoniacal (Müntz, Mazé).

Puisque l'acide cyanhydrique est un produit *instable* de l'oxydation de l'ammoniaque et des principes carbonés naturels précités, il est permis de se demander si ce puissant agent de synthèse ne prend pas transitoirement naissance dans la respiration des végétaux et des animaux, pour disparaître aussitôt en créant de nouveaux principes et de nouveaux tissus.

([1]) La réduction des nitrates conduirait à l'hydroxylamine, d'après Bach, ou au radical nitrosyle, d'après Baudisch,

GÉOLOGIE. — *Sur une chute de météorites en Cochinchine.* Note de MM. CHARLES JACOB et MARC REMOVILLE.

Une chute de météorites s'est produite en Cochinchine le 30 juin 1921. Les autorités administratives locales ont pris l'heureuse initiative de procéder à une petite enquête au sujet de ce phénomène et de recueillir les fragments retrouvés. Deux belles météorites parvinrent ainsi au Service géologique à Hanoï, où elles ont été examinées et où elles sont conservées.

La première provient du village de Tuan Tuc, dans l'ouest de la province de Soc Trang; elle pèse $10^{kg},850$, avec une densité de 3,48; elle est limitée partiellement par des cassures fraîches; la surface initiale, conservée sur une moitié de l'échantillon, est arrondie, mamelonnée et recouverte d'un enduit noirâtre, d'une sorte de pellicule discontinue, qui laisse voir dans les intervalles la matière même avec sa teinte gris jaunâtre.

Le rapport des notables du village indique que : « Le 30 juin, vers 3^h du soir, on a entendu trois détonations en l'air, la première aussi forte que le canon, les deux autres plus faibles; ensuite, on a perçu un bruit comme celui d'un bateau à vapeur, passant au-dessus du village;... un cultivateur qui labourait sa rizière est venu prévenir qu'il avait vu tomber des corps sur trois endroits rapprochés l'un de l'autre;... d'un des trous, large de 3^{dm}, profond de 1^m, ont été sortis deux morceaux dont l'un aussi gros qu'une noix de coco (c'est l'échantillon parvenu au Service Géologique);... en un autre endroit, on a signalé qu'il était tombé deux morceaux de pierre. »

L'autre météorite est tombée le même jour (l'heure n'est point précisée) au village de Vinh Luoc, dans le sud de la province de Rach Gia, à 40^{km} environ du point de chute de la précédente. Une détonation a été perçue ; un seul trou a été constaté, dans lequel a été recueillie la météorite en question. C'est un galet aplati de 16^{cm} dans sa plus grande largeur ; il pèse $2^{kg},330$; sa surface extérieure, tout entière initiale, offre l'aspect de la météorite de Soc Trang.

Examinées de plus près, les deux météorites sont de composition identique. A l'œil nu, ou mieux à la loupe, on y distingue des particules métalliques se dégageant sur un fond pierreux, dans lequel de place en place se constatent des sphérules, des *chondres*, blanchâtres, atteignant 3^{mm} de diamètre. Au microscope la partie métallique correspond à des grains ramifiés, formant comme l'ébauche d'un réseau, très lâche et discontinu, dans les interstices de la matière pierreuse ; elle occupe une proportion de l'ordre du vingtième sur la surface des préparations. La matière pierreuse paraît exclusivement formée par de l'enstatite ; les cristaux en plages importantes sont exceptionnels ; la structure est surtout microgrenue ; mais souvent aussi les cristaux forment des faisceaux de baguettes articulées, qui peuvent, dans les chondres, se grouper en bouquets fibroradiés divergeant d'un point excentrique.

Une étude chimique sommaire de la météorite de Soc Trang, conduite par M. Removille au Laboratoire de Chimie de la Direction des Mines, a séparé grossière-

ment, à la porphyrisation, la partie métallique de la partie pierreuse. Pour la partie pierreuse, l'analyse fournit : silice, 45,0; fer métallique, 15,2; alumine, 4,1; chaux, 2,1; magnésie, 24,3; soufre, 1,6. Les proportions relatives de la silice, de l'alumine et de la magnésie sont bien celles d'un pyroxène rhombique. La haute teneur en fer, qui serait forte pour l'enstatite, de même que la présence du soufre, s'explique par un mélange de la partie métallique. Dans celle-ci ont été reconnus le fer, le nickel, le soufre et des traces de cuivre.

Les deux météorites de Soc Trang et de Rach Gia, qui résultent, selon toutes probabilités, de l'explosion d'un même bolide, le 30 juin, au-dessus de la Cochinchine méridionale, sont donc des *sporadosidères* typiques suivant la terminologie de la classification de Daubrée.

GÉOLOGIE. — *Le bord méridional du Flysch nord-pyrénéen entre la vallée d'Aspe et celle du Saison.* Note de M. **Pierre Viennot**, présentée par M. Pierre Termier.

Peu après l'édition de la feuille de Mauléon de la Carte géologique de France, M. Léon Bertrand ([1]) publiait une étude critique de cette feuille basée sur l'examen de la forme des contours et des coupes fournies par ses auteurs. Il concluait, en particulier, que le Flysch cénomanien nord-pyrénéen a dû être amené par un chevauchement au-dessus des couches qui en forment le substratum sur toute la longueur de son contact sud ; il s'agissait donc là d'une superposition tectonique, et non stratigraphique.

Au cours des études géologiques que j'ai entreprises dès l'été de 1920 dans les Pyrénées occidentales françaises, je me suis proposé, en particulier, d'analyser en détail le contact méridional du Flysch nord-pyrénéen, afin d'en préciser la nature. A cet effet, j'ai suivi le bord du Flysch sur une longueur de plus de 50^{km}, depuis la vallée d'Aspe jusqu'au delà de la vallée du Saison, d'une part, et, plus à l'Ouest, depuis la région de Jaxu jusqu'à celle d'Hélette-Armendarits. Je projette de combler par la suite la lacune que j'ai laissée dans la région intermédiaire (Sud de Saint-Just-Ibarre); là, d'ailleurs, les contours de la feuille de Mauléon ne laissent guère de doute sur le caractère anormal du contact. Dans cette Note, je me propose seulement d'exposer les résultats de mes explorations entre la vallée d'Aspe et celle du Saison.

([1]) Léon Bertrand, *Bulletin de la Société géologique de France*, 4e série, t. 11, 1911, p. 122 et suiv.

Dans ce secteur, le contact se fait, dans l'ensemble, entre les schistes de l'Albien, très généralement noirs, et le Flysch de couleur plus claire, qui présente des bancs de grès et même de conglomérat à divers niveaux. Toutefois, *plusieurs lames de terrains plus anciens se montrent, écrasées, dans ce contact, et sont particulièrement instructives.*

Près de la vallée d'Aspe, le Flysch entoure l'extrémité occidentale de l'anticlinal d'Asasp. En effet, la roche verte très serpentinisée qui affleure largement entre le Col d'Urdach et le Col d'Etche ne sort pas au milieu du Flysch comme l'indique la Carte, mais elle fait partie du complexe de l'anticlinal d'Asasp. Si l'on suit le contour de cette roche, on observe qu'au NE de l'affleurement, elle est directement en contact avec le Flysch par une ligne très simple à peu près droite, tandis qu'au SW s'interpose, entre la roche verte et le Flysch, une bande de *schistes métamorphiques d'allure paléozoïque* atteignant en certains endroits 200^m de large; au Nord d'Issor, les couches jurassiques de l'anticlinal d'Asasp viennent se terminer, en se laminant, entre ces schistes métamorphiques et le Flysch affleurant au Sud et à peu près vertical. L'anticlinal d'Asasp se prolonge donc à l'Ouest jusque vers Ance, et, à son extrémité occidentale, il nous apparaît comme un bourrelet jaillissant au milieu du Flysch et poussé au Sud avec lui.

Entre Issor et Arette, le contact, qui se fait dorénavant entre Albien et Cénomanien, longe la route presque continuellement. Au lieudit Bécari apparaît, au Sud de la route, dans le lit du ruisseau qui vient du Col Lacq, un mince affleurement d'une *roche verte* très mylonitisée, accompagnée d'un mince filonnet de chalcopyrite; l'ensemble a moins de 10^m de largeur et se montre entre les schistes albiens de direction NW-SE et le Flysch cénomanien de direction EW, les pendages étant d'ailleurs voisins de la verticale. Si, à Bécari, on traverse la route vers le Nord, et si l'on remonte le petit ruisseau parallèle à la route en restant sur sa rive gauche, on voit s'insinuer entre l'Albien et le Cénomanien une bande d'*argiles bariolées triasiques*, dont la confusion avec le Flysch plus ou moins rubéfié n'est nullement possible; ces argiles, de tons jaunes, verts et violacés, s'accompagnent, à 1500^m environ de Bécari, d'une *roche verte* qui paraît bien être une ophite à grain très fin. La lame triasique, dont la largeur ne dépasse jamais 100^m, se suit sans discontinuité sur plus de 1^{km}.

Entre Arette et Aramits, on retrouve, pincé dans le contact Albien-Flysch, un petit lambeau d'*argiles bariolées du Trias* à 300^m au NE de la ferme Moura.

Dans la région au Nord de Lanne, la limite entre l'Albien et le Flysch devient moins distincte, à cause d'une très grande analogie locale de faciès et même de coloration. Il me semble toutefois à peu près certain que l'*ophite* affleurant au Nord du Col de Plaisance est triasique; elle apparaît sous forme d'une lame allongée EW au milieu des couches schisteuses, qui plongent nettement au Nord, et l'on observe tout près d'elle un mince affleurement de *calcaire dolomitique* qui me semble devoir être rapporté avec beaucoup plus de probabilité au Trias ou au Jurassique qu'au Crétacé.

Le contact Albien-Cénomanien se continue ensuite, sans anomalies apparentes, jusque sur le flanc Sud du Pic d'Eréteu et il y plonge nettement au Nord, ainsi que le montre l'allure des contours. A partir de là, le contact tourne au NW vers Gotein et montre toute une *série de lames* analogues, qui acquièrent de plus en plus d'importance à mesure qu'on s'avance vers Gotein. Il faut remarquer tout d'abord que la partie haute du Pic d'Eréteu, jusqu'au soubassement albien, est constituée par une épaisseur de plusieurs centaines de mètres de conglomérats cénomaniens, et que cette puissante formation s'y trouve localisée. Cette particularité me semble s'expliquer beaucoup mieux par une suppression tectonique des conglomérats dans le voisinage que par une formation sur place qui eût été si étroitement limitée. Dès le Col de Sustary se montrent, le long du contact, de minces affleurements d'*ophite*, parfois de simples blocs mylonitiques. A 1800^{m} au NE de Trois-Villes affleure, en un rocher à pic, un *calcaire dolomitique* gris, que l'on doit rapporter à la Dolomie jurassique ou peut-être au Trias. En suivant le contact vers le Nord, on voit ce calcaire dolomitique faire place à un affleurement linéaire de *calcaire noir à veines roses du Lias*, se prolongeant par des *argiles violacées du Trias*, puis par une mince bande d'*ophite*. A l'Est de Saint-Étienne se montrent de nouveau les *argiles triasiques*, avec *cargneules*, bordées cette fois par des *calcaires liasiques* et des *dolomies jurassiques*, en disposition anticlinale à la ferme Cocostéguy. Très vite, d'ailleurs, les couches jurassiques se laminent et disparaissent, la bande triasique axiale se poursuivant au NW vers Gotein, et prenant dès lors une grande extension. Son affleurement a été indiqué trop schématiquement sur la feuille de Mauléon; il s'étend en réalité jusqu'au village même de Gotein (hameau de Gacicoix), englobant la petite tache d'*ophite* marquée sur la carte dans le Flysch. Cet affleurement se compose essentiellement d'*ophite* et d'*argiles bariolées du Trias*, mais présente dans le détail, tant sur ses bords qu'à son intérieur, bien des particularités intéressantes au point de vue structural. C'est ainsi

que des lames de *calcaire liasique* et de *dolomie jurassique* se rencontrent en pleine ophite dans la vallée du ruisseau qui, venant d'Errilé, rejoint le Saison tout près d'Asley; de minces bandes de *dolomie jurassique* noire séparent les schistes albiens de l'ophite (l'une de ees bandes est très apparente à 600^m au NW de la côte 319). Dans l'ensemble, les couches albiennes et cénomaniennes, très redressées, plongent au NE. — Sur la rive gauche du Saison, le Cénomanien repose sur l'Albien sans anomalies apparentes.

La présence de ces nombreuses lames exotiques le long de la bordure méridionale du Flysch nord-pyrénéen dans le secteur que je viens d'analyser prouve le caractère anormal de ce contact. C'est la base tectonique d'une nappe, ou tout au moins d'un bourrelet du Flysch, apparemment poussé au Sud sur les terrains d'âge antérieur.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique hercynienne des Vosges.* Note de M. **Jean Yung**, présentée par M. Émile Haug.

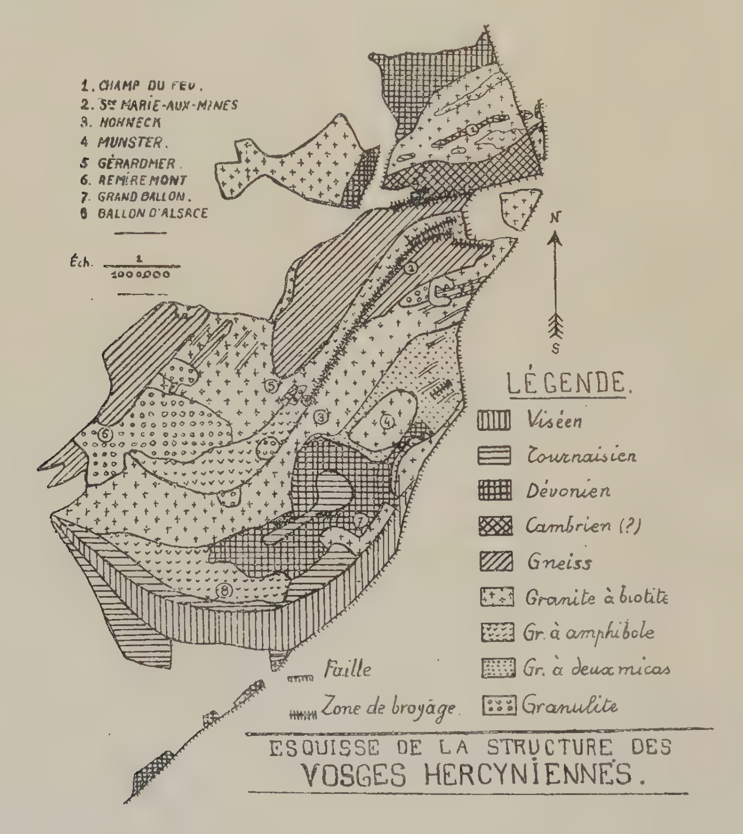
Les Vosges hercyniennes sont constituées par des lambeaux de gneiss et de terrains primaires, que séparent de vastes espaces de granite. La distribution irrégulière de ces lambeaux, la variabilité de leurs directions de plissement, l'étendue des aires granitiques qui les séparent ont empêché jusqu'à ce jour la mise en évidence de la tectonique générale du massif. Des observations de détail faisaient admettre à la plupart des géologues régionaux allemands que le granite est postérieur à la phase orogénique. Albert-Michel Lévy, au contraire, montrait que le métamorphisme n'atteint jamais le Viséen, et que, par conséquent, il est vraisemblable que le granite lui est antérieur. Enfin, en 1913, von Seidlitz indiquait la présence de mylonites dans tout le massif des Vosges et, en particulier, dans le granite.

L'étude de détail des granites montre, non seulement que ceux-ci sont pris dans le plissement, mais aussi qu'on peut y retrouver la direction de ces plis. Les divers granites des Vosges ne forment pas des massifs indépendants, placés au hasard. La répartition des différentes variétés met, au contraire, en évidence des directions générales de plissements, qui permettent de réunir, en un même ensemble tectonique, les différents lambeaux de gneiss et de terrains primaires qu'on jugeait jusqu'ici disparates.

On constate ainsi que la direction de l'ensemble des plis forme un S très allongé, dont la partie médiane est parallèle à la ligne de crête des Vosges

(c'est-à-dire à l'ancienne frontière), tandis que les extrémités s'inclinent vers la direction E-W. De nombreuses zones d'écrasement suivent cette direction. Deux d'entre elles seulement sont continues sur une assez grande longueur pour être mentionnées.

La première zone, la *Grenzzone* de Cohen, sépare les schistes de Villé,



d'âge antédévonien, des gneiss d'Urbeis. Elle contient non seulement des gneiss et des schistes broyés, mais aussi une lame de granite. Elle s'observe en direction E-W entre Laveline et Lalaye, et disparaît de part et d'autre sous le Permien horizontal.

La seconde zone est la plus importante. Ses affleurements principaux sont portés comme Carbonifère sur la Carte (feuille de Colmar). Elle sépare les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines du granite amphibolique. Puis, elle s'incline vers le sud et se poursuit dans le granite à biotite, bien que contenant toujours des schistes cristallins écrasés. Au Collet, près de la Schlucht, elle sépare du granite des schistes bleus, d'âge indéterminé (schistes granu-

litiques de la Carte, feuille d'Épinal). Elle forme ensuite la limite du granite amphibolique de Saulxures, dont la bande étroite prolonge exactement celle du granite amphibolique de Sainte-Marie. La limite sud de ce granite prend ensuite la direction E-W, parallèle aux plis du massif carbonifère.

La région située au sud-est de cette grande ligne de dislocation ne renferme que des zones de broyage tout à fait locales. Par contre, les plis y semblent très serrés. Les gneiss de Sainte-Marie sont fréquemment interrompus par des bandes de granite. De même, la région granitique qui lui fait suite est barrée de nombreux synclinaux de gneiss, plus ou moins étendus.

Plus au sud encore se trouve le massif carbonifère. De longs promontoires de schistes (ou seulement de granites à faciès de contact) s'en détachent vers le nord et indiquent, dans le granite, l'emplacement des synclinaux. Inversement, dans l'intérieur du massif primaire, l'anticlinal principal est indiqué par l'affleurement d'une large bande cristalline.

Enfin, tout à fait au sud du massif, les plis tournent presque à angle droit, et prennent la direction E-W.

Cependant, ces plissements ne suffisent pas à expliquer toutes les particularités de la structure des Vosges. *De larges ondulations transversales, de direction NW, troublent l'allure de ces plis principaux.* Le croisement des synclinaux forme des cuvettes à structure périclinale, constituées par des terrains sédimentaires; le croisement des anticlinaux, des dômes de granite, d'aspect amygdaloïde, autour desquels les plis s'arrondissent.

La présence de mylonites pourrait faire croire à l'existence de nappes de charriage empilées. L'identité des terrains de part et d'autre des plans de dislocation, le pendage de ces plans, toujours très fort, le grand nombre de ces zones d'écrasement, indiquent, au contraire, une structure en écailles imbriquées (qui sont peut-être des racines de nappes).

Ces faits permettront, en outre, d'éclairer, sur plusieurs points, les relations qui existent entre les gneiss, les terrains à métamorphisme de contact et le granite.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur la bordure orientale des monts de Lans.* Note de M. **Paul Corbin**, présentée par M. Émile Haug.

La présente Note a pour objet l'exposé très sommaire, en suivant la direction N-S, de quelques-unes des observations nouvelles qui ont servi

de base à l'interprétation que j'ai donnée précédemment de la tectonique du bord oriental du massif du Vercors.

Région de Sassenage. — Il existe une *moraine latérale gauche* du lobe terminal de l'ancien glacier du Furon, lobe qui devait, à sa sortie des Portes d'Engins, tourner brusquement à l'est, pour descendre droit sur Sassenage, en restant dans la région froide située au pied et au nord de la grande falaise du pli-faille. Elle apparaît vers la cote 350 environ, dominant toute la partie sud du plateau et formant le flanc droit du ravin terminal du Furon. Celui-ci ne présente aucun cône de déjection à son débouché dans la plaine, malgré l'importance de son bassin, et offre un profil très dissymétrique, donc probablement glaciaire. La moraine est constituée de blocs anguleux du Sénonien supérieur, dont beaucoup sont énormes (8 à 10000$^{m^3}$ et plus); quelques-uns se recontrent, le long et de part et d'autre de l'ancien chemin dit *des Escaliers*, entre les cotes 300 et 283, à moitié enterrés dans la masse et *portant encore la croûte de conglomérats miocènes qui les recouvrait* avant leur chute. On n'observe *pas d'autre moraine* sur tout le reste du plateau, mais de *longues coulées d'écroulement ou de glissement* (1), issues d'une énorme *entaille d'arrachement*, en forme de croissant, très visible sur les pentes orientales de la Dent du Loup, dont elle occupe plus de la moitié et où elle atteint les couches les plus profondes de l'Urgonien. Le monticule au nord de Clémencière, dans la plaine de l'Isère, n'est que le sommet d'un pédoncule de ces coulées, émergeant des alluvions récentes.

La charnière synclinale du pli-faille est certainement très près à l'est du pied du plateau des Côtes, comme le prouvent d'abord les *retroussis*, accentués par endroits jusqu'au renversement, des couches du Sénonien, visibles le long de la route du Villard de Lans et du nouveau chemin des Côtes, à leur sortie de Sassenage, puis sur leur prolongement au sud, dans le lit même du Furon, immédiatement en amont de son débouché dans la plaine, les multiples *dents de scie* de ce même Sénonien, poussant des têtes anticlinales aiguës, presque verticales, jusqu'au sentier du chemin des Cuves de la rive droite. La tête anticlinale du pli-faille constituée par les strates verticales de l'Urgonien, puis du Sénonien, est précédée à l'ouest par un *lambeau de charriage* de Sénonien très peu incliné, qui disparaît au sud sur le plateau de Saint-Nizier, vers la cote 960. Je n'ai pas trouvé la faille SSE-NNW figurée sur la Carte géologique détaillée comme coupant en biais la

(1) Ce ne sont pas non plus de simples éboulis, comme on l'a écrit.

falaise du pli-faille, ni celle qui a été mentionnée, en contre-bas du seuil sénonien des Portes d'Engins, comme une cassure est-ouest transversale aux plis.

Région du Moucherotte-Tour Sans Venin-Comboire. — La trace de la cassure d'arrachement NE-SW de la grande écaille du Moucherotte est marquée depuis les Perrières (215^m) jusqu'au-dessous du Mas Vincent (600^m) par le *retroussis*, dépassant souvent la verticale, de tout le Sénonien; les étages sous-jacents, jusqu'à l'Hauterivien inférieur, se montrent ensuite laminés ou ont disparu, de telle façon que les calcaires bicolores du Valanginien finissent par apparaître manifestement renversés sur le Sénonien affleurant à quelques dizaines de mètres plus au nord (haut du vallon de Seyssinet). Le point de départ actuel de l'écaille charriée est bien visible à la gare de Pariset, où les lames extraordinairement disloquées, mais verticales du Sénonien, qui constituent son front, surmontent immédiatement les couches à peine inclinées du même Sénonien, entourant la doline de la Tour Sans Venin. Ce front de Sénonien à strates extrêmement inclinées avec, en arrière, quelques petits lambeaux d'Urgonien et d'Albien plus ou moins broyés, se suit jusqu'à la cote 940, où il disparaît sous le Glaciaire, pour en ressortir brusquement à la cote 1080, en formant les célèbres rochers des Trois Pucelles, composés de gigantesques lames d'Urgonien absolument verticales, encadrées, à leur base, de falaises de Sénonien, au nord, et d'Hauterivien, au sud.

Le front de l'écaille subit dans ce charriage une *torsion intense*, pour passer de la direction NE-SW, à Pariset, presque à la direction N-S, au sommet du Moucherotte; cette torsion a provoqué la courbure, le laminage ou la dislocation des strates verticales du front (*lames des Trois Pucelles*) et le broyage complet de tout le glacis d'Urgonien, plus ou moins incliné, qui devait lui faire suite vers l'est. Aussi l'érosion a-t-elle entièrement fait disparaître ce dernier jusque vers la cote 1320, où il reparaît sous forme de *lambeaux d'effondrement récents*, formant les curieux et chaotiques ravins dits *des Forges*, qui s'étendent sur plus de 1400^m à l'est et à près de 200^m au-dessous de la haute crête au nord du Moucherotte, laquelle constitue le bord de la partie conservée de ce glacis. A signaler le diaclasement extraordinaire de ces hautes lames d'effondrement. Au *col de Château Bouvier*, les strates de l'Hauterivien (également remplies de diaclases verticales E-W) sont presque horizontales. Le *sommet du Moucherotte* est formé, non par un anticlinal droit aigu, mais par un simple plissement local, dernier écho de la torsion, une flexure accentuée des strates supé-

rieures, entaillée obliquement par l'érosion. Au *lambeau d'Urgonien de Château Bouvier*, à 300^m en contre-bas, le calme est rétabli et le plongement de celui-ci vers l'E a enregistré la pente de la direction générale du charriage.

Le coin de poussée du rocher de Comboire est formé de trois écailles de Jurassique supérieur, dans chacune desquelles les strates se superposent dans l'ordre normal, une écaille supérieure s'étendant sur toute la longueur du rocher, et recouvrant les deux autres, qui sont juxtaposées, la plus importante au nord.

Région du Peuil. — Un plan incliné d'Hauterivien supérieur monte depuis Furonnières (400^m) jusque vers la cote 680, à 500^m environ au sud de la cascade d'Aillières, où débute l'Urgonien sous la forme de la base bien conservée du jambage vertical d'une flexure, au sud de laquelle l'Urgonien forme ensuite tout le sommet de la falaise du plateau Saint-Ange, l'Hauterivien la base. Ce plan incliné est dominé par le plateau du Peuil (800^m à 1100^m), dont le bord est formé d'une suite de lambeaux de petites falaises urgoniennes de plus en plus disloquées en avant vers le nord et se terminant, au-dessus du débouché de la Combe du Talon, au droit de l'extrémité sud de Comboire, par un éperon formé d'une brèche mécanique caractéristique d'Urgonien broyé. Les pentes séparant ces falaises du plan incliné d'*Hauterivien* sous-jacent sont formées, sur plus de 1200^m de longueur visible, de *Valanginien*, également souvent disloqué.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de galets exotiques au port d'Alon (Var).* Note de Mlle **J. Pfender**, présentée par M. Émile Haug.

Le port d'Alon est une petite calanque située entre Bandol et Saint-Cyr, sur la côte de Provence. Elle présente une plage de graviers très peu étendue, exposée au sud, au débouché d'un vallon sinueux originaire de la région triasique à l'est de Saint-Cyr et qui, en dernier lieu, traverse une bande de calcaires bathoniens.

On sait que les côtes de Provence, à l'ouest du cap Sicié, sont composées exclusivement de terrains secondaires et tertiaires. Or, dans le cordon littoral, correspondant, à Alon, au niveau des plus hautes mers, à 2^m environ au-dessus du niveau le plus bas, on rencontre en assez grand nombre des galets fortement roulés, provenant de roches inconnues en affleurement sur ces côtes; ils sont mêlés aux galets plus abondants d'origine locale.

Trois visites successives m'ont permis de recueillir les roches suivantes, qui peuvent se répartir en trois catégories :

1° Roches des environs immédiats, parmi lesquelles la carnieule et le gypse triasiques tout à fait prédominants.

2° Roches étrangères aux environs immédiats, mais connues en Provence : granites à deux micas, aplite, gneiss, micaschistes, schistes à séricite, quartz blanc des Phyllades, dolérite, basaltes ophitiques et basalte à pyroxène, labradorites, porphyre amarante de l'Estérel, serpentines, tufs et grès permiens (?), grès rouge à Miliolidés et Lithothamniées.

3° Roches inconnues en Provence : jaspes à Radiolaires (radiolarites?).

Alon n'est d'ailleurs pas le seul point de la côte où se trouvent des éléments exotiques : sur la plage de galets d'Engravier, anse voisine et plus petite encore que celle d'Alon, à l'entrée d'un étroit vallon, j'ai recueilli, en quelques minutes, un granite identique à l'un des types représentés à Alon, un basalte, un orthophyre, un schiste sériciteux, présentant au microscope un aspect fortement écrasé, un grès permien.

De même encore, au débouché d'un vallon creusé dans l'Urgonien à l'ouest du port de Cassis, une petite plage de galets m'a fourni une dolérite et une serpentine identiques à celles d'Alon, un basalte, des brèches andésitiques, des amphibolites.

La présence de ces galets exotiques sur la côte de Provence soulève un problème géologique des plus attachants.

La première idée qui vient à l'esprit est qu'il s'agit là de lest apporté par un navire et remanié par les vagues; mais le port d'Alon n'est accessible qu'à des bateaux de très faible tonnage et, du reste, l'extrême variété des éléments recueillis ne permet pas de leur attribuer une telle origine.

On ne peut pas davantage s'arrêter à l'hypothèse que ces roches auraient fait partie du remblai de la voie ferrée de Marseille à Vintimille qui traverse le haut des vallons d'Alon et d'Engravier, puisque cette condition n'est plus réalisée à Cassis et que l'on ne connaît, le long de la ligne, aucune exploitation qui aurait pu fournir les roches en question.

D'autre part, on ne saurait invoquer le transport par des courants longeant la côte de Provence d'est en ouest, car des presqu'îles comme celles de Gien, de Sicié, la pointe de la Cride et celle de Bandol lui auraient opposé un obstacle infranchissable.

On pourrait aussi se demander si ces galets ne résultent pas de la destruction d'un lambeau de poudingue crétacé ou tertiaire qui aurait existé dans la région, mais ces éléments exotiques ne se retrouvent ni dans le poudingue

oligocène de Bandol, à éléments exclusivement calcaires, jurassiques et crétacés, ni dans le poudingne turonien de la Ciotat, où abondent cependant des galets rapportés généralement au Permien, et pas davantage dans le poudingue oligocène de Marseille, ni dans ceux de Pointe rouge et du Rouet de Carry, d'âge encore douteux.

Par contre, on peut envisager l'hypothèse de l'existence, au large d'un amas de galets apportés par un ancien fleuve, tertiaire, de cours plus ou moins parallèle au rivage actuel, mais situé sensiblement plus au sud. Cette interprétation rendrait compte de l'abondance des serpentines parmi les éléments d'Alon et de la présence de radiolarites, qui proviendraient de la zone des Schistes Lustrés de la Ligurie occidentale. Elle est du reste en parfait accord avec la conception que divers auteurs ont déjà exposée, au sujet de la connexion probable, à une époque relativement récente, des Pyrénées et de la Provence, d'une part (E. de Margerie, Marcel Bertrand), de la Provence et de la Sardaigne par la Corse, d'autre part (Forsyth Major, Marion, Suess, Depéret).

La présence de galets exotiques en plusieurs points des côtes de Provence apporte un argument de plus en faveur de l'existence, au large, d'une ancienne terre, dont la disparition sous les eaux daterait, comme le montre aussi la bathymétrie actuelle, d'une époque très récente.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les plates-formes d'érosion des Monts métallifères du Banat.* Note de M. **Emmanuel de Martonne**, présentée par M. Pierre Termier.

Les Monts métallifères du Banat, compris entre le Danube, la plaine du Banat et le couloir de Caran Sebes, sont entièrement figurés sur les cartes géologiques hongroises au $\frac{1}{75000}$, mais leur morphologie n'a jamais été étudiée. Des excursions faites cet été m'ont permis d'y retrouver les trois plates-formes d'érosion signalées dans les Alpes de Transylvanie et les monts du Bihar (1).

La région comprend deux zones de schistes cristallins, encadrant une zone de sédiments, surtout mésozoïques, fortement plissés. La zone cristalline occidentale est nivelée à des altitudes de 300^m-400^m et plonge sous la plaine du Banat. La zone orientale est formée de hauts plateaux atteignant 1400^m. La zone mésozoïque, dont les sommets ne dépassent pas 800 à 900^m, frappe

(1) *Comptes rendus* t. 173, 1921, p. 1188.

d'abord par le parallélisme des crêtes, suivant la direction des plis nord-sud, et par l'indépendance du réseau hydrographique. En réalité, les crêtes sont des reliefs monoclinaux ou anticlinaux, toujours formés par les bancs des roches les plus dures (calcaires à silex jurassiques et calcaires urgoniens). Entre ces crêtes s'étalent des couloirs de plateaux, où les phénomènes karstiques présentent un développement remarquable (dolines, lapiez, gorges profondes avec pertes).

Tout le long du Karas, on suit une plate-forme parfaitement nivelée, sur laquelle j'ai trouvé disséminés des cailloux roulés de quartz ou silex, formant un dépot continu entre 380^{m} et 400^{m} près de Jabulesa. Cette *plate-forme du Karas* monte en pente continue jusqu'à 700^{m}. La même surface accompagne le cours de la rivière Gerliste jusqu'à Anina. Elle se raccorde nettement avec la plate-forme qui nivelle la zone cristaline occidentale et que domine la butte de Versecs.

Si l'on observe les altitudes des crêtes calcaires, on voit qu'elles sont remarquablement concordantes, montant régulièrement vers le Sud et vers l'Est. Parfois les hauteurs ont le caractère de véritables plateaux nivelant les couches très redressées (Planitza de Cârja). Ce sont les restes d'une plate-forme d'érosion plus ancienne que celle du Karas : *Plate-forme de Cârja*. Cette surface n'est pas limitée à la zone mésozoïque, mais elle s'étend sur le bord de la zone cristalline orientale jusqu'au sillon rectiligne où coulent en sens contraire la Berzava et la Poniasca.

Au delà, le relief se relève brusquement de 500^{m} et l'on trouve à 1400^{m} des sommets rappelant ceux des Alpes de Transylvanie : bosses arrondies, dépressions tourbeuses, sols profonds. C'est la *plate-forme du Semenic*, qui descend doucement vers l'Est et le Sud, découpée en crêtes d'une régularité d'altitude surprenante. Vers 900^{m}, la descente du relief devient plus rapide et le couloir de Caran Sebes apparaît, bordé par une plate-forme inclinée, distincte de celle du Semenic (*plate-forme de Tomnacica*), et coupée de gorges sauvages.

L'âge des plates-formes des Monts métallifères du Banat peut être à peu près fixé par les observations suivantes :

La plate-forme de Cârja est très continue dans les croupes cristallines bordant à l'Ouest la vallée de la Berzava ; ces croupes se relient avec les hauteurs dominant le centre métallurgique de Reshitza, entre lesquelles le Pontien pénètre en golfe. La plate-forme est donc miocène, équivalent de la plate-forme Riu Ses.

Les graviers de la plate-forme du Karas et son altitude paraissent devoir la faire rapporter à la plate-forme de Govornitza.

Quant à la plate-forme du Semenic, elle est, sans doute, un fragment de la plate-forme Boresco, notablement affaissée vers le couloir de Caran Sebes, relevée vers l'Ouest, où elle est tranchée par une dislocation, dont le sillon Berzava-Poniasca suit la trace.

Il est possible de préciser par l'étude morphologique du couloir de Caran Sebes.

Tout le long de ce sillon rectiligne, on trouve les dépôt néogènes (Sarmatique). Ils forment encore le seuil de partage des eaux entre Temes et Cerna (Porta orientalis), plate-forme nivelée à 500ᵐ et recouverte de cailloutis anciens (Levantin?). La même plate-forme, toujours recouverte de cailloutis, se suit de Teregova jusqu'à la plaine de Caran Sebes, s'abaissant graduellement d'une centaine de mètres, découpée par le Temes et ses affluents (*Plate-forme de Teregova*). Il ne s'agit pas d'une plate-forme structurale ; car les couches néogènes forment un synclinal, dont le flanc Est est fortement redressé, et même, comme l'ont montré récemment les recherches pour les lignites, renversé. Il est facile en outre de constater que la plate-forme s'étend sur le massif cristallin du Banat. A deux reprises, le Temes entame ce massif en des gorges sauvages (Teregovaer et Armönischer Schlüssel de la carte, Cheia des paysans roumains), qui sont évidemment des percées épigéniques. Nous avons affaire à un équivalent de la plate-forme de Gornovitza.

Il en résulte que la plate-forme de Tomnacica, intermédiaire entre la plate-forme du Semenic et celle-ci, est vraisemblablement l'équivalent de la plate-forme Riu Ses, et correspond à celle de Cârja, sur le versant ouest des Monts du Banat. Cette détermination est confirmée par sa correspondance avec les crêtes qui bordent à l'Est le couloir de Caran Sebes, à des altitudes de 800ᵐ à 900ᵐ. Mes observations, se reliant ici à celles que j'ai faites antérieurement dans les Alpes de Transylvanie, me permettent de suivre la montée de ces crêtes, par Poiana Inalta, jusqu'à la localité même où j'ai défini la plate-forme Riu Ses, et où l'on voit s'étaler ses formes mollement ondulées à l'altitude de 1500ᵐ dominées par la plate-forme Boresco, qui dépasse 2000ᵐ.

On suit l'affaissement de tous les niveaux vers le Bassin Pannonique, affaissement qui ne va pas sans dislocations. Le sillon de Caran Sebes correspond à un synclinal faillé, qui a joué encore avant le nivellement de la plate-forme de Teregova (Pliocène), les couches sarmatiques étant redressées et même renversées du côté où toutes les plates-formes se trouvent à un niveau supérieur.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Recherches sur les alluvions mindéliennes dans la haute vallée de la Cère et sur le plateau de Lacapelle-Barrez (Cantal).* Note de Mlle **Yvonne Boisse de Black**, présentée par M. Émile Haug.

Tout épicycle sédimentaire se compose d'une phase de creusement suivie d'une phase d'alluvionnement. J'ai étudié précédemment la première de ces phases dans la haute vallée de la Cère et sur le plateau de Lacapelle-Barrez. Il me reste à étudier la seconde.

Les alluvions günziennes du plateau de Lacapelle-Barrez paraissent être purement fluviatiles. Les preuves d'une glaciation mindélienne s'accumulent, au contraire, tant topographiques que stratigraphiques et lithologiques. Nous allons les passer en revue en étudiant, de l'ouest à l'est, chacune des vallées de la Cère, de Salilhes, du Goul, de la Bromme, du Siniq et de l'Irondels, que nous avons vues occuper notre champ d'investigation, ainsi que les plateaux interposés entre ces vallées.

On distingue, dans la partie de la vallée de la Cère comprise entre sa source et Vic, trois auges emboîtées, auge würmienne de Vic, auge rissienne de Thiézac, auge mindélienne de Saint-Jacques. Le cirque de Saint-Jacques paraît bien présenter un aspect glaciaire et les segments d'auge qui s'y raccordent vers l'aval montrent un profil en U.

Autrement net est cependant le caractère glaciaire du vaste cirque de Salilhes-Faillitou, jalonné par le Puy de la Poche, l'Elancèze, le Courpou-Sauvage, le col de Berganty et le pic de Saint-Curial. Ce cirque se raccorde clairement, par-dessus l'actuelle vallée de la Cère, au col de Curebourse, qui représente le confluent du torrent de Salilhes et de la Cère au Mindélien. Le milieu du col est occupé par une belle moraine frontale, jonchée de blocs erratiques et dont la boue glaciaire est visible dans une carrière d'extraction de pavés. C'est une moraine de retrait. Le glacier s'étendait, en effet, plus loin. Le Goul actuel, à partir du pont du Gail, se confond, en ce qui touche son auge supérieure, avec la Cère mindélienne, ainsi qu'il a été montré précédemment. Or cette auge supérieure du Goul représente un profil en U. En aval de l'emplacement actuel du pont du Gail, le glacier débordait la vallée et se répandait sur les plateaux voisins de Pailherols (environs de Brommet) et de Badailhac. Sur ce dernier plateau, il formait un éventail, envoyant une langue de glace dans la vallée d'Embarre, jusqu'à Espeils.

Le haut Goul, en amont du pont du Gail, présente, par contre, un profil

en V, l'érosion würmienne y ayant été si intense qu'elle a abrasé toute trace des auges antérieures.

Sur le plateau de Lacapelle-Barrez existent les deux cirques jumeaux de la Bromme et de Pleau, d'où sortaient deux petits glaciers confluents, qui, après leur jonction, ont occupé la vallée de la Bromme sur une longueur de 3^{km}, jusqu'à l'emplacement actuel du pont de Lacapelle-Barrez.

L'immense cratère ébréché du volcan du Puy Gros servait de réservoir névéen au glacier du Siniq, admirablement décrit par le maître de la géologie cantalienne, M. Boule. Ce glacier était long de 12^{km}, il recevait à gauche la langue de glace qui descendait, par Malbo, de l'*atrium* de Polverelle. Entre l'emplacement du pont de Lacapelle-Barrez et celui du pont de la Vieille, il confluait avec le glacier de la Bromme. Sa moraine frontale, jonchée de blocs erratiques, s'étendait jusqu'à Douzalbats, dans l'Aveyron. C'est une sorte d'énorme cône de déjection, dont les flancs sont longés à l'est par le Siniq, à l'ouest par la Bromme.

Enfin, sur le plateau de Narnhac, s'ouvre le cirque de Roupons-le-Bousquet, qui alimentait un minuscule glacier de 500^{m} de long, occupant la haute vallée de l'Irondels.

En amont de leurs moraines frontales, les vallées de la Bromme, du Siniq et de l'Irondels ont un fond plat et un profil en U. En aval de ces moraines, elles se transforment brusquement en gorges rapides à profil en V.

Mais les glaciers de la Bromme, du Siniq et de l'Irondels ne restèrent pas encaissés dans leurs vallées d'origine. Comme celui de la Cère mindélienne, ils débordèrent, vers leur extrémité, sur les plateaux interposés et devinrent, par suite, coalescents. Ainsi se forma un glacier synthétique en arc de cercle de 16^{km} de développement frontal, un inlandsis alimenté à l'amont par de petits glaciers de type alpin, qui devait donner aux pentes du volcan du Puy Gros, sur lesquelles il s'étendait, une étrange ressemblance avec ce que nous montre actuellement le Takoma ou Mont Rainier.

A. de Lapparent a défini les moraines frontales « une interférence de cônes de déjection ». Cette définition s'applique on ne peut mieux à la moraine frontale de l'inlandsis du plateau de Lacapelle-Barrez, laquelle est formée d'un enchevêtrement de buttes rondes, composées de sables et de blocs erratiques, et dont chacune représente un véritable drümlin, la décharge au pied du glacier d'un convoi de pierres tombées en amont sous forme d'avalanche. Les buttes qui hérissent cette région dans un inextricable chaos ne sont d'ailleurs peut-être pas toutes d'origine glaciaire. Cer-

taines, aux environs de Vigouroux, semblent être des hornitos de la coulée basaltique sous-jacente. L'appareil glaciaire qui vient d'être décrit a été subséquemment le siège de phénomènes karstiques intenses, avec production de dolines, de poljes, de vallées souterraines, etc., qui lui donnent une singulière ressemblance avec le Montello, à l'embouchure de la Piave, tel que l'a décrit Toniolo.

Les alluvions mindéliennes du plateau de Lacapelle-Barrez sont profondément altérées. Les cailloux dont elles sont formées sont enveloppés d'une couche de kaolin blanchâtre. Ils sont disséminés sans ordre dans une boue glaciaire rouge, sorte de *terra rossa* provenant de l'oxydation de leurs éléments ferromagnésiens.

Il me reste à dire quelques mots du Mindélien du bassin d'Aurillac, c'est-à-dire du Puy d'Espinet, du Puy de Vaurs et de la terrasse de Tronquières. Au sommet du Puy d'Espinet, rive gauche de la Cère, en face d'Arpajon, et en contre-haut des auges rissienne et würmienne, existe une vieille plate-forme pénéplainée de micaschiste, sur laquelle reposent d'énormes blocs erratiques d'andésite et de basalte.

Au-dessus d'Arpajon, sur le plateau qui s'interpose entre la Cère et le val Mammou, M. Boule a signalé une moraine typique, avec boue glaciaire et cailloux très altérés. L'alluvion de la terrasse de Tronquières paraît représenter le cône de transition de cette moraine. On y voit un entassement de blocs de phonolithe, à facettes, ou roulés, enveloppés d'une épaisse patine blanche de kaolin. Mais, dans cette basse région, les dépôts et les reliefs mindéliens sont trop morcelés par les érosions subséquentes pour qu'on puisse songer à la reconstitution d'un réseau hydrographique comparable à celui que montre le plateau de Lacapelle-Barrez.

Il me reste, en terminant, à justifier l'attribution au Mindélien du système qui vient d'être décrit, laquelle attribution n'a été proposée jusqu'ici qu'à titre de postulat.

J'attribue les alluvions de cet épicycle au Mindélien, parce qu'elles s'intercalent stratigraphiquement entre les alluvions günziennes du plateau de Lacapelle-Barrez, à flore contemporaine de la faune à *Mastodon arvernensis*, sur lesquelles elles reposent, et les alluvions à industrie chelléenne du Bousquet, qu'elles ravinent. On n'y a pas, jusqu'ici, trouvé de fossiles. Mais, si on en découvre un jour, tout indique qu'ils appartiendront à l'horizon de l'*Elephas meridionalis*.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des eaux du Mont-Dore.* Note de MM. **P. Loisel** et **R. Castelnau**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. La radioactivité des sources thermales du Mont-Dore fut étudiée pour la première fois par Curie et Laborde en 1904 (¹). Ces auteurs examinèrent les gaz dégagés au griffon des sources Madeleine et des Chanteurs et trouvèrent une teneur en émanation très faible comprise entre 0,11 et 0,33 milligrammes-minutes pour 10^l de gaz étudiés soit par litre à l'émergence de 1,46 à 4,4 millimicrocuries.

En 1909, Jeannel et Jacquin (²) publient le résultat d'observations purement qualitatives faites avec un appareil analogue à celui d'Engler et Sieveking et montrent que l'eau des diverses sources, les gaz spontanés et l'atmosphère au voisinage sont radioactifs.

Nous nous sommes proposé de reprendre l'étude des sources déjà étudiées par Curie et Laborde et de doser l'émanation du radium contenue dans les eaux et les gaz des autres griffons.

2. Le dosage de l'émanation du radium dissoute dans les eaux a été effectué suivant la technique déjà utilisée par l'un de nous pour l'étude des eaux de Bagnoles-de-l'Orne.

Chaque source a été examinée à plusieurs reprises et nous avons constaté, comme à Bagnoles, des variations de la radioactivité, variations que nous nous proposons d'étudier ultérieurement. Les valeurs données dans le Tableau ci-dessous sont donc des valeurs moyennes.

Nom des sources.	Quantité d'émanation dissoute en millimicrocuries par litre.
Boyer	0,23
Caroline	0,34
César	0,53
Chanteurs	0,25
Chazerat	0,55
Madeleine	0,39
Panthéon	0,03
Pigeon	0,11
Saint-Jean nº 1	0,16
» nº 2	0,15
» nº 3	0,11
Rigny	0,10
Ramond	0,76

(¹) *Comptes rendus*, t. **138**, 1904, p. 1150; t. **142**, 1906, p. 1462.

(²) *Société d'Hydrologie*, 1909.

3. Les gaz ont été recueillis au griffon de la façon suivante : Un entonnoir de dimensions convenables était maintenu au-dessus de l'émergence; cet entonnoir était relié à un tube à $CaCl^2$ dans lequel le gaz se desséchait et de là à un condensateur Danne de 2^l de capacité muni de deux robinets à pointeau, l'un supérieur, l'autre inférieur. On laissait circuler le gaz pendant un temps suffisant pour que l'air fût complètement chassé du condensateur et remplacé par le mélange gazeux du griffon. On fermait alors les deux pointeaux et l'on dosait l'émanation suivant la méthode classique.

Le résultat des mesures est consigné dans le Tableau suivant :

Nom de la Source.	Date du prélèvement.	Température de l'eau.	Température de l'air.	Pression.	Quantité d'émanation en millimicrocuries par litre à la pression observée.	normale.
		°	°	mm		
Caroline	20 septembre..	40	21,4	671	2,34	2,65
	29 » ..	41,5	20	668,8	2,05	2,33
Chanteurs	16 septembre..	—	—	668	0,89	1,01
	19 » ..	44,8	23	671	0,47	0,53
	24 » ..	44,5	22	674	0,96	1,08
Madeleine	19 septembre..	44,6	21,2	671	0,89	1,00
	24 » ..	44,5	23	674	0,61	0,68
Pasteur n° 1	26 septembre..	43,7	23	672	0,48	0,54
	30 » ..	42,5	20,5	666	0,57	0,65
Pasteur n° 2	26 septembre..	43,4	22,5	672	0,54	0,61
	30 » ..	42	20,5	666	0,72	0,82
Saint-Jean n° 1	21 septembre..	40,5	23	673	1,68	1,90
	28 » ..	40,5	21,3	672	0,34	0,38
Saint-Jean n° 2	21 septembre..	41,5	23,5	673	0,39	0,44
	27 » ..	40,5	21,5	669,8	0,68	0,77
Saint-Jean n° 3	20 septembre..	43,5	22	671	1,32	1,49
	27 » ..	40,5	21,5	669,8	0,94	1,06

Comme on le voit, les gaz dissous présentent une teneur en émanation bien supérieure à celle de l'eau et très variable suivant les griffons, variable aussi suivant les jours. La cause de ces variations ne pourra être élucidée que par une étude systématique. On voit, de plus, que pour les gaz de Madeleine et des Chanteurs la valeur trouvée est plus faible que celle mesurée par Curie et Laborde. La différence ne peut s'expliquer par la différence de pression barométrique au Mont-Dore et à Paris et doit être attribuée aux variations que nous venons de constater.

4. Les sources Mont-Doriennes, par leur teneur en émanation, appartiennent donc au groupe des sources faiblement radioactives, mais leur débit considérable produit un dégagement important d'émanation dans l'atmosphère environnant les sources, ce qui, tant au point de vue climatologique qu'au point de vue thérapeutique, présente un gros intérêt.

ACTINOMÉTRIE. — *Le rayonnement nocturne au mont Blanc.* Note de M. **A. Boutaric**, présentée par M. J. Violle.

Du 30 juillet au 7 août 1921, j'ai pu faire, à l'Observatoire Vallot du mont Blanc (4350^{m}), un certain nombre de mesures précises du rayonnement nocturne et en enregistrer les variations au cours de quelques nuits.

On n'a que très peu de données précises sur le rayonnement nocturne à des altitudes comparables (1). Aussi les valeurs que j'ai obtenues peuvent-elles constituer des documents intéressants pour l'étude du pouvoir absorbant de l'atmosphère.

1. *Appareils.* — Les mesures directes ont été faites avec un actinomètre à compensation électrique (pour le rayonnement nocturne) de Knut Angström : l'actinomètre était maintenu à l'extrémité d'une perche, sur le toit de l'observatoire, afin de supprimer l'action des rayonnements perturbateurs provenant des parois de la station. Les observations ont été rendues souvent pénibles et délicates par le vent, très violent à ces altitudes, mais les nombres indiqués sont la moyenne de plusieurs mesures concordantes et me paraissent dignes de confiance.

Des courbes donnant la variation du rayonnement ont été obtenues au moyen d'une pile thermo-électrique fixée sur la terrasse de l'observatoire et reliée à un galvanomètre inscripteur (2) : l'une des faces de la pile rayonnant vers le zénith, l'autre vers un écran métallique poli, lui-même protégé contre tout rayonnement de l'atmosphère et dont la température était, par suite, celle de l'air ambiant.

2. *Observations.* — Voici, pour les diverses nuits où les mesures ont été

(1) Il n'a été publié, à ma connaissance, que les mesures faites par Anders Angström au mont Whitney (4420^{m}) (*Smithsonian Miscellaneous Collections*, vol. 65, n° 3).

(2) A. Boutaric, *Thèse*, 1918, p. 186 et *Annales de Physique*, 9e série, t. 10, p. 100.

possibles : les heures h d'observation en temps solaire vrai; les rayonnements r en calories-grammes par minute et centimètre carré; les températures t_0 de l'air en degrés centigrades et la pression f_0 de la vapeur d'eau en millimètres de mercure, au voisinage de l'actinomètre. La dernière colonne donne, pour les mesures faites au voisinage de 21[h], les quotients $\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$ du rayonnement nocturne par le rayonnement intégral d'une surface noire à la température absolue $\theta_0 = t_0 + 273$ ($\pi\sigma$ = constante de Stefan).

Dates.	h.	t_0.	f_0.	r.	$\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$.
	h m	o C	mm		
1[er] août 1921	20. 0	1	2,4	0,186	»
»	21.13	0	2,3	0,171*	0,400
»	23.50	—2	2,3	0,158	»
2 août	2.50	—2,5	2,35	0,170	»
»	4.57	—3	2,0	0,154	»
»	20.20	0	4,5	0,139[a]	0,326
»	22.20	—2	4,0	0,127[a]	»
5 août	20.30	0	2,3	0,177*	0,415
»	21.30	—1	1,9	0,168	»
6 août	2.30	0	2,1	0,172	»
»	20.30	—2,5	2,9	0,156*	0,379
»	21. 0	—3	2,8	0,146	»

[a] Quelques nuages dans le ciel.

3. *Variation du rayonnement nocturne au cours des nuits sereines.* — Les mesures faites à diverses heures et surtout les courbes enregistrées, montrent que le rayonnement nocturne prend sa valeur maxima peu après le coucher du soleil et décroît ensuite légèrement au cours de la nuit. Cette variation que j'ai déjà observée à Montpellier (¹), sensiblement au niveau de la mer, puis au Pic du Midi de Bigorre (²) (2859[m]) doit donc être considérée comme générale, contrairement à ce que semblaient indiquer quelques mesures de Lo Surdo à Naples et d'Exner sur le Sonnblick.

4. *Comparaison entre les valeurs du rayonnement nocturne observées à diverses altitudes.* — Conformément à la théorie générale que j'ai donnée dans ma Thèse et contrairement à l'opinion courante, le rayonnement nocturne n'est pas exceptionnellement intense aux grandes altitudes. J'ai

(¹) A. Boutaric, *Thèse*, p. 135.
(²) A. Boutaric, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1165.

observé, soit à Montpellier, soit au Pic du Midi, des valeurs du même ordre de grandeur que celles du mont Blanc.

Les quotients $\frac{r}{\pi\sigma\theta_4^0}$ relatifs aux observations du mont Blanc décroissent à mesure que f_0 augmente et se placent sensiblement sur la courbe moyenne des valeurs de $\frac{r}{\pi\sigma\theta_4^0}$ en fonction de f_0 qui représente les observations faites à Montpellier et au Pic du Midi; cependant, tandis que les observations du Pic du Midi fournissent des points qui se placent plutôt en dessous de la courbe, celles du mont Blanc se disposent un peu au-dessus, ce qui est l'indice d'une transparence plus grande de l'atmosphère au mont Blanc, pour une même valeur f_0 de la pression de la vapeur d'eau.

Il est intéressant de signaler que la moyenne des observations que j'ai faites au mont Blanc est très voisine de la moyenne donnée par Angström pour résumer ses observations au mont Whitney [1].

MYCOLOGIE. — *Sur les affinités des Erysiphées et des Parodiopsidées.* Note de M. G. Arnaud, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons montré [2] que les Erysiphées se rattachent à un certain nombre d'autres Pyrénomycètes que l'on peut grouper sous le nom de *Parodiellinacées* et en particulier à la tribu des Parodiopsidées. Les Parodiopsidées et les Erysiphées constituent deux groupes parallèles de la même famille, mais le dernier est en moyenne beaucoup plus évolué et l'appareil intramatrical y est le plus souvent réduit à des suçoirs épidermiques, tandis que chez les Parodiopsidées le mycélium interne est en général abondant.

Il y avait par suite quelque intérêt à faire connaître une Parodiopsidée chez laquelle le mycélium interne présente une réduction considérable.

---

(1) Moyenne des observations faites au mont Whitney (Angström, *loc. cit.*, p. 79) :

$$t_0 = -0^\circ,6\,\mathrm{C}; \qquad f_0 = 2^{\mathrm{mm}},5; \qquad r = 0,179.$$

Moyenne des observations faites au mont Blanc, vers 21h, par temps clair (observations marquées d'un astérisque dans le Tableau ci-dessus) :

$$t_0 = -0^\circ,8\,\mathrm{C}; \qquad f_0 = 2^{\mathrm{mm}},5; \qquad r = 0,168.$$

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 202. — G. Arnaud. *Les Astérinées*, II. 1er fascicule. Paris, avril 1921.

Nous désignerons cette espèce sous le nom provisoire [1] de *Perisporian truncata* (Stev.) *nob.* (syn. : *Perisporium truncatum Stevens*); elle a été récoltée sur un *Inga* (Mimosées) à Porto-Rico, par le professeur F.-L. Stevens. Le champignon a la disposition générale des *Parodiopsis Brachystegiæ* (P. Henn.) Arn. et *P. Ingarum* (P. Henn.) Arn. qui se développent aussi sur des Légumineuses. Le mycélium externe forme des rameaux courts ressemblant à des stigmopodies, qui s'avancent au-dessus d'un stomate et produisent, quand cela est nécessaire, un diverticule de manière à recouvrir entièrement les deux cellules stomatiques; le champignon envoie alors dans l'ostiole un filament simple et unicellulaire qui traverse le tissu lacuneux et va directement former un suçoir unique dans une cellule voisine d'une nervure. Parfois le filament présente une cloison transversale, parfois aussi il peut porter vers l'extrémité quelques diverticules en cul-de-sac qui paraissent être des essais d'allongement dans des directions qui ne se montrent pas favorables ; très rarement, deux filaments pénètrent par le même stomate, chacun ne porte jamais qu'un suçoir. A son extrémité le filament se renfle en une ampoule bilobée, sorte d'*appresorium*, qui forme le suçoir dans la cellule sur laquelle il est appliqué. Ce suçoir est ovoïde, souvent un peu asymétrique, mais non enroulé en spirale comme chez la plupart des Parodiopsidées, il ressemble à ceux des Erysiphées et de quelques Parodiopsidées (*Parodiopsis Struthanthi*).

On voit que la disposition du mycélium interne est presque identique à celle que présente une des rares Erysiphées où ce mycélium est développé : le *Phyllactinia Corylea* (Pers.) Karsten, et que la réduction de cet appareil absorbant est plus accentuée que chez le *Leveillula taurica* (Lév.) Arn. (*Erysiphe taurica* Lév.).

Le *Perisporina truncata* se rapproche aussi des Erysiphées par quelques autres caractères; les conidies sont souvent presque incolores et à paroi mince (mais tricellulaires, du type *Septoidium*); les conceptacles (non mûrs) ressemblent à des périthèces d'Erysiphées et ne sont pas stromatiques comme ceux de certains *Parodiopsis* (*P. Peræ* Arn. par exemple).

Le *Perisporina truncata* est une Parodiellinacée trop évoluée pour être considéré comme une transition entre les Parodiopsidées et les Erysiphées, mais il montre que ces deux groupes sont assez voisins pour qu'en se développant parallèlement ils aboutissent à des dispositions très analogues.

---

[1] L'absence d'ascospores empêche de déterminer exactement le genre et l'espèce auxquels appartient le champignon, qui est cependant une Parodiopsidée certaine.

La localisation des suçoirs du *P. truncata* au voisinage des nervures doit être en rapport avec le mode de circulation des matières nutritives élaborées dans la feuille; ces suçoirs étant relativement peu nombreux doivent pouvoir puiser dans des cellules particulièrement riches.

Dans l'échantillon étudié, le *Perisporina* était fortement parasité par le *Cicinnobella parodiellicola*, P. Henn., ce qui explique vraisemblablement le défaut de développement des conceptacles.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité des caractères physiologiques chez les hybrides d'Orges.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Tous les génétistes sont d'accord pour constater l'uniformité de la première génération des hybrides d'Orges pures. La *dominance des caractères ornementaux* des grains et des glumes *est absolue* (poils longs sur poils courts des axes d'épillets, nervures à épines sur nervures lisses des glumelles, capuzes sur barbes, etc.). Par contre, les *caractères physiologiques*, très étudiés parce qu'ils traduisent la productivité des sortes (nombre et hauteur des chaumes, nombre et taille des grains, compacité des épis liée à la résistance à la verse, etc.), *sont* d'ordinaire *intermédiaires*. Biffen (1907), von Ubisch (1919), Harry, Harlan et Hayes (1920) prétendent que les règles mendéliennes s'appliquent encore et font intervenir de multiples facteurs indépendants pour expliquer leur transmission et leur ségrégation en F_2, en F_3. S'il en était ainsi, la première génération au moins serait uniforme. Les exemples qui suivent montrent des fluctuations liées incontestablement à la position des bourgeons sur les individus et régies par l'activité et la durée même de la croissance; les caractères ornementaux sont indépendants, les caractères physiologiques sont intimement liés à la structure anatomique des individus et sont plastiques comme elle avec l'âge.

Pour montrer cette opposition, il faut combiner des espèces très divergentes et obtenir des mêmes parents un grand nombre d'hybrides de première génération afin d'avoir une appréciation suffisamment exacte des qualités fluctuantes. J'ai croisé, pour cet objet, en 1920, les espèces d'Orges de ma collection les plus différentes par la compacité des épis, caractère héréditaire qu'on sait évaluer avec une grande précision et aussi deux espèces affines différant par la sexualité des épillets latéraux, fertiles dans un

cas, stériles dans l'autre. Malgré les divergences des parents, j'ai obtenu, réussite assez rare, 15 graines hybrides sur 20 épillets castrés du même épi que j'avais eu soin de féconder avec le pollen d'un seul épi paternel. Dans ces conditions, j'ai éliminé les fluctuations dues à la surnutrition des grains hybrides, constantes lorsque chaque épi ne donne qu'un très petit nombre de graines. Les fluctuations observées traduisent donc, aussi correctement que possible, les tendances propres des hybrides de première génération.

I. *Hordeum Zeocriton* L. × *H. nudum* L. — 15 grains ont donné 13 plantes F_1, à fort tallage (moyenne 8 épis; extrêmes 3 et 14, alors que les parents donnent 3 à 5 talles), très élevées (110^{cm}-115^{cm}, alors que les parents ne dépassent pas 95^{cm}), très feuillues, mûrissant lentement et au plus tôt dix jours après les parents. La récolte fut prématurée pour faciliter les mesures car dans ce croisement apparaît *la fragilité des épis* (¹) que ne possédait pas les parents. Tous les grains portent très marquées les épines de *nudum*, absentes chez *Zeocriton*; il y a dominance totale du caractère ornemental des grains; mais en raison de leur imparfaite maturité les pellicules sont grossières, fortement adhérentes aux ovaires et largement ondulées comme si la céréale avait été échaudée; on n'observe rien d'analogue chez les parents. Ces nouveautés sont certainement liées à la structure anatomique des chaumes qui indique la pléthore et la juvénilité des tissus. Contrairement à ce qui a lieu chez les Blés, la structure anatomique des Orges est relativement uniforme et d'ailleurs les croisements réussissent dans tous les cas. Sous l'épi, on trouve une couronne de sclérenchyme rattachée à l'épiderme par 14-16 piliers de fibres soutenant les gros faisceaux vasculaires; entre les piliers, des plages de parenchyme chlorophyllien sont plus ou moins complètement subdivisées par des faisceaux intercalés et des piliers secondaires de fibres rares. Les éléments cellulaires de *Zeocriton* sont petits et fortement lignifiés, ceux de *nudum* larges mais lignifiés. Ceux de l'hybride sont très larges et à parois minces, à lignine rare; ils se dessèchent plus qu'ils ne mûrissent; les plages chlorophylliennes et les vaisseaux ont des dimensions en rapport avec cette disposition physiologique. Évaluant par 100 unités la largeur l (coupe transversale) moyenne des plages chlorophylliennes de *nudum*, l'épaisseur e est 50 ($\frac{1}{10}$ de millimètre); je trouve pour *Zeocriton*, $l = 60$, $e = 60$; pour *Zeocriton* × *nudum*, $l = 110$, $e = 50$. Les gros vaisseaux sont ronds ou presque chez *Zeocriton* $l = 8$, $e = 9$; ovales

(¹) L. Blaringhem, *Recherches sur les hybrides d'Orges* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 1293).

chez *nudum* et très grands $l = 16$, $e = 22$; intermédiaires ovales chez l'hybride *Zeocriton* × *nudum*, $l = 12$-13, $e = 18$. Enfin, l'hybride présente très fréquemment de gros vaisseaux dédoublés, absents chez *Zeocriton*, très rares chez *nudum*.

La taille des grains diffère beaucoup chez les parents : uniformes et gros ($9^{mm} \times 4^{mm} \times 3^{mm}$) chez *nudum*, gros à la base de l'épi *Zeocriton* ($9^{mm} \times 3^{mm},5 \times 3^{mm}$), petits au sommet ($7^{mm} \times 3^{mm} \times 2^{mm},5$), ils sont très gros avec légère différence dans la longueur selon la position sur l'épi hybride (base, $10^{mm} \times 4^{mm} \times 3^{mm}$; sommet, $8^{mm} \times 4^{mm} \times 3^{mm}$) et ces variations sont certainement liées à la *compacité* différente des épis, comme le montre le Tableau où l_1 l_2, a_1 a_2 sont les quartils :

Épis..........	*nudum.*	*nudum* × *Zeocriton.*	*Zeocriton.*
Longueur $l_1 : l : l_2$..........	80 : 97 : 103	90 : 95 : 105	33 : 45 : 50
Grains $a_1 : a : a_2$............	19 : 23 : 25	29 : 32 : 35	18 : 25 : 27
Compacité, $D = \frac{10a}{l}$.......	19 : 23 : 24	33 : 34 : 36	51 : 55 : 61
» bas de l'épi.....	19 : 22 : 24	29 : 31 : 35	46 : 47 : 54
» haut de l'épi....	19 : 24 : 24	30 : 35 : 36	50 : 62 : 70

Or la *compacité* élevée correspond à un état de fascie très sensible à la bonne alimentation et à la longue durée de croissance des tissus; l'uniformité et la forte taille des grains hybrides tiennent certainement à la compacité relativement faible, quoique intermédiaire, des épis à maturation lente.

II. *Hordeum nudum* × *H. trifurcatum* 1920 donne aussi sur un même épi 15 grains dont j'obtiens 12 plantes à caractères ornementaux (épines, capuzes) très accusés; certains hybrides ont jusqu'à 10 talles (moyenne 4-6) et leur hauteur (97^{cm}-110^{cm}) dépasse notablement celle des parents. Le fait le plus intéressant est la *sexualité intermédiaire;* les épis ont l'aspect d'Orge à deux rangs, mais les épillets latéraux sont partiellement fertiles. *La fertilité des épillets latéraux est en relation directe avec la vigueur individuelle des chaumes :* les premiers chaumes des plantes à tallage 10 donnent de 16 à 22 grains latéraux bien venus; à tallage 4-5, 2 à 6 grains latéraux; les premiers talles donnent toujours les nombres de grains latéraux les plus élevés, les derniers talles n'en présentent pas. La fertilité des épillets latéraux est un indice précis de l'activité de croissance des individus et n'est pas indépendante de l'ensemble des autres caractères comme le prétendent les néo-mendéliens.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les transformations que subissent les oranges au cours de leur conservation.* Note de M. G. André, présentée par M. L. Maquenne.

Les expériences qui suivent ont eu pour objet d'étudier les changements que les oranges éprouvent au cours de leur conservation quant à leur teneur en acides et en matières sucrées. Afin de fixer d'une façon aussi exacte que possible l'état initial, j'ai procédé de la manière suivante :

I. L'une des moitiés d'une orange a été décortiquée; on a pris le poids de l'écorce et celui de la pulpe que l'on a analysée (titre acide, sucres réducteurs calculés en glucose, sucres non réducteurs calculés en saccharose). L'autre moitié, non décortiquée, a été stérilisée superficiellement en la mouillant avec de l'alcool que l'on enflamme ensuite. On introduit cette moitié dans un vase stérilisé à 120° contenant un peu d'eau, vase que l'on bouche avec de l'ouate. Le système est conservé ainsi pendant des temps variables dont la durée est indiquée dans le Tableau ci-dessous. A la fin de l'expérience, on décortique cette moitié d'orange; on prend le poids de son écorce et celui de sa pulpe que l'on soumet à l'analyse. On suppose que la composition initiale de cette moitié est identique à la composition de celle qui a été analysée au début de l'expérience. Voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus :

	Poids de la pulpe de la moitié d'orange à l'état	Acide citrique.	Sucres non réducteurs.	Sucres réducteurs.	Sucres non réd. / Sucres réduct.
	g	g	g	g	
I. 23 jours......	initial = 68	0,840	2,643	3,273	0,80
	final = 67	0,671	2,236	3,233	0,69
II. 28 jours......	initial = 56,7	1,157	1,194	1,616	0,73
	final = 54,0	0,722	0,991	1,586	0,62
III. 44 jours......	initial = 59,8	0,669	1,986	2,211	0,89
	final = 52,6	0,401	1,494	1,859	0,80
IV. 43 jours (dans le vide)....	initial = 64,8	0,494	2,194	2,470	0,88
	final = 66,5	0,395	1,463	2,963	0,49
V. 51 jours......	initial = 64,1	0,808	2,022	2,435	0,83
	final = 50,4	0,252	1,266	2,252	0,56
VI. 60 jours......	initial = 64,7	0,724	2,106	1,936	1,08
	final = 58,5	0,118	1,301	1,406	0,92
VII. 62 jours......	initial = 53,8	0,295	1,722	1,908	0,90
	final = 41,1	0,066	0,898	1,445	0,62
VIII. 60 jours......	initial = 63,1	0,848	1,679	1,985	0,84
	final = 54,1	0,381	1,493	1,710	0,87
IX. 72 jours......	initial = 55,6	1,043	1,779	1,719	1,03
	final = 43,6	0,206	1,176	1,291	0,91

II. On remarquera que la teneur initiale en acide citrique et en matières sucrées est assez variable d'une orange à l'autre; il en est de même du rapport des sucres non réducteurs aux sucres réducteurs.

Le fait constant qui se dégage de ces expériences consiste dans la disparition, au cours de la conservation, d'une partie de l'acide et des matières sucrées. L'inversion du saccharose a eu lieu dans tous les cas, ainsi que l'on pouvait s'y attendre. Le plus souvent la perte en acide a été d'autant plus forte que l'expérience a duré un temps plus long. La perte en matières sucrées est, au contraire, assez irrégulière. Elle est inférieure, quant à son poids relatif, à celle de l'acide. Il semble bien qu'il s'agisse ici d'une oxydation directe, par l'oxygène de l'air, de l'acide et des matières sucrées, oxydation facilitée par la section du fruit. En effet, dans les deux essais III et IV qui ont duré le même temps, l'un, exécuté dans les conditions susindiquées (III), l'autre (IV) en disposant le vase qui contenait l'orange sous une cloche où l'on a maintenu le vide, on observe que, si dans le premier cas la perte en acide s'est élevée à 40,1 pour 100 et la perte en sucres totaux à 20 pour 100, dans le second cas la perte en acide n'atteint que 20 pour 100 et celle des sucres totaux seulement 5 pour 100. Cette différence, attribuable dans une certaine mesure à l'absence de l'oxygène, semble surtout tenir à ce fait que les cellules du fruit sont mortes, ainsi que le montre le changement qui s'opère dans leur consistance.

III. En vue de mesurer approximativement l'intensité respiratoire des oranges à la température ordinaire (12°-15°), j'ai introduit trois de ces fruits entiers sous une cloche dans laquelle circulait, à raison d'une trentaine de litres à l'heure, un courant d'air qui, après son passage sur les oranges, traversait une solution de potasse contenue dans deux tubes de Reiset. Au bout de trois jours, le dégagement de gaz carbonique, calculé en carbone, s'est élevé à $0^g,0311$ pour 100^g de matière. Ces mêmes fruits furent ensuite divisés en deux et l'expérience fut reprise pendant trois jours : le dégagement de gaz carbonique (calculé en carbone) s'est élevé à $0^g,0778$. Enfin, les fruits furent décortiqués et leurs quartiers séparés les uns des autres. Après trois jours, le dégagement du gaz carbonique (calculé en carbone) est monté à $0^g,1307$. L'activité respiratoire des fruits augmente, comme on pouvait le prévoir, avec la grandeur de la surface exposée à l'air.

Un calcul très simple montre que la perte en carbone qu'éprouvent les oranges sectionnées par la moitié ($0^g,0778$ en trois jours, soit $0^g,0259$ en un jour) est à peu près du même ordre de grandeur que celle que l'on déduit, en moyenne et dans le même laps de temps, de la diminution des acides et des sucres dans les expériences consignées dans le Tableau ci-dessus.

En résumé, pendant la conservation des fruits, la maturation progresse en ce sens qu'il y a diminution de l'acidité dans de notables proportions, alors que les matières sucrées éprouvent une perte moindre. Il est naturel d'attribuer ces pertes à une oxydation. Cependant, celles-ci se produisant encore dans le vide, il faut admettre que la diminution de l'acidité n'est pas uniquement imputable à une oxydation, mais qu'elle paraît devoir être mise, en partie, sur le compte d'un dédoublement de nature diastasique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution des grains d'aleurone du Ricin pendant la germination.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nous indiquons ici, comme suite à une précédente Note [1], quelle est la façon dont se comportent les grains d'aleurone dans l'albumen du Ricin pendant la germination. Nous avons été amené comme précédemment, par l'emploi systématique des colorations vitales, à noter séparément l'évolution dans les cellules périphériques de l'albumen dont les corps aleuriques sont pleins et dépourvus d'inclusions [2], et les cellules profondes qui possèdent les enclaves bien connues depuis Pfeffer [3] (cristalloïdes et globoïdes).

Dans la graine mûre, le vacuome des *cellules périphériques* est formé de grains d'aleurone petits et isolés qui se colorent en totalité (*fig.* 1).

Lorsque la graine de Ricin a été mise à germer, il ne se produit d'abord qu'un gonflement des grains d'aleurone qui conservent une forme arrondie ou ovale. A l'époque où se fait la rupture de la coque de la graine, on constate une déformation progressive des grains d'aleurone qui prennent une forme étoilée ou s'étirent en filaments : ils finissent par se trouver réunis en un réseau dont les trabécules sont très fins, tandis que les points d'intersection sont occupés par des masses plus importantes de métachromatine, qui correspondent aux grains d'aleurone primitifs. Ce réseau se gonfle ensuite lorsque la germination s'avance. Sur des plantules dont la radicule n'a que $1^{cm},5$ de longueur, il n'y a plus déjà que de gros réseaux ou bien deux ou trois grosses vacuoles isolées. Plus tard, on ne trouve plus dans les cellules qu'une vacuole unique de grande taille qui se colore d'une façon de moins en moins intense par le colorant vital. La couche externe de l'albumen ne tarde pas ensuite à

(1) Pierre Dangeard, *Sur la formation des grains d'aleurone dans l'albumen du Ricin* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 857).

(2) Après coloration vitale seulement, car certains réactifs, comme l'alcool, font apparaître de petites granulations précipitées.

(3) W. Pfeffer, *Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen* (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, vol. 8, 1872, p. 429, 575).

se désagréger. Les transformations décrites sont comparables à celles que nous avons observées dans le Pin maritime [1].



Cellules d'albumen de Ricin colorées vitalement.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5 représentent des cellules périphériques d'albumen : 1, dans la graine mûre, grains d'aleurone et globules d'huile; 2, après 7 jours de germination; 3, la radicule émerge, les grains d'aleurone se sont unis en un réseau; 4, la radicule a 1^{cm},5, gros réseau; 5, la racine a 4^{cm}, vacuole unique. — Les figures 6, 7, 8 représentent des cellules profondes; 6, après 7 jours; 7, la radicule émerge; 8, la racine a 0^{cm},5. — Figure 9, stades divers de l'évolution des vacuoles dans les cellules profondes; *a*, vacuole gonflée; *b*, *c*, précipitations, fusions de vacuoles, fragmentation des inclusions; *e*, *f*, *g*, les inclusions sont dissoutes.

Les cellules profondes de l'albumen ont à maturité des grains d'aleurone à inclusions, dont la substance fondamentale se teint électivement par les colorants vitaux :

---

(1) Pierre Dangeard, *L'évolution des grains d'aleurone en vacuoles ordinaires pendant la germination du Pin maritime* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1921, et *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 995).

le cristalloïde et le globoïde restent incolores dans le rouge neutre. A la germination, cette substance augmente beaucoup de volume par absorption d'eau et se transforme en une vacuole liquide fortement colorée qui contient les inclusions : par suite de leur mise en contact, plusieurs vacuoles aleuriques se fusionnent et il en résulte soit une volumineuse et unique vacuole lobée, soit un petit nombre de grosses vacuoles rondes ou ovales. Dès que le suc vacuolaire est devenu fluide, il peut se produire des condensations de la métachromatine sur les bords de la vacuole et autour des inclusions qui persistent : celles-ci sont alors entourées d'une sorte de croûte ou de dépôt chromatique qui les masque plus ou moins. Mais bientôt la substance protéique devenant moins abondante, les vacuoles ne se colorent plus que faiblement et enfin les enclaves se dissolvent et disparaissent, quelquefois après s'être fragmentées.

Ainsi pendant la germination de la graine, le système vacuolaire passe par une série de stades tout à fait comparables à ceux qui s'observent pendant la maturation, avec cette différence que la marche de l'évolution se fait en sens inverse. Il y a donc réversibilité complète dans l'évolution des vacuoles.

On peut résumer ainsi les grandes lignes des phénomènes. Une grande vacuole à contenu très liquide peut se morceler, prendre une consistance demi-fluide (filaments, réseaux) ou même presque solide (grains d'aleurone), puis de nouveau passer par des états filamenteux ou réticulés et revenir à l'état de grande vacuole. Ceci a lieu pour les cellules périphériques; dans les cellules profondes, la marche de l'évolution est sensiblement identique, mais par suite des plus grandes dimensions des grains d'aleurone, il ne se forme pas de vacuome finement réticulé dans ces cellules.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de saccharose et d'aucubine dans les graines du* Melampyrum arvense *L*. Note de M. **Marc Bridel** et de Mlle **Marie Braecke**, présentée par M. L. Guignard.

Dans une précédente Note, nous avons montré qu'il existait, dans deux espèces du genre *Melampyrum*, un glucoside dédoublé par l'émulsine en donnant un produit noir insoluble dans l'eau et nous avons émis l'opinion que le noircissement de ces plantes, au cours de la dessiccation, devait être dû à l'hydrolyse de ce glucoside [1].

---

[1] *Sur la présence d'un glucoside dédoublable par l'émulsine dans deux espèces du genre* Melampyrum (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 414).

Nous avons appliqué aux graines d'une de ces espèces, le *Melampyrum arvense* L., la méthode biochimique de Bourquelot, qui nous a permis d'y déceler la présence d'un sucre hydrolysable par l'invertine et d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine. Nous avons réussi à extraire, à l'état cristallisé, sucre et glucoside.

L'essai a été fait sur 14^g de graines recueillies sur un lot de plantes qui nous avait été envoyé, le 23 août 1921, de Neuviller-sur-Moselle. Nous avons obtenu les résultats suivants qui ont été ramenés à un liquide dont 100$^{cm^3}$ correspondaient à 100^g de graines :

Rotation initiale ($l = 2$)	— 8°
Rotation après action de l'invertine	—13°20′
Rotation après action de l'émulsine	+ 40′
Sucre réducteur initial (pour 100$^{cm^3}$)	0^g,292
Sucre réducteur après action de l'invertine	3^g,147
Sucre réducteur après action de l'émulsine	5^g,738

Sous l'action de l'invertine, on a constaté une augmentation de la rotation gauche de 5°20′ et la formation de 2^g,855 de sucre réducteur pour 100$^{cm^3}$. En supposant que les graines renferment du saccharose, cette quantité de sucre réducteur correspond à 2^g,712 de saccharose pour 100^g de graines.

Sous l'action de l'émulsine, le liquide a pris une teinte noire très foncée, puis il s'est fait un précipité noir et il a fallu agiter avec du noir animal la liqueur déféquée pour parvenir à en faire l'examen polarimétrique. Après une action de 10 jours, on a constaté un changement de la déviation vers la droite de 14° et la formation de 2^g,591 de sucre réducteur, soit un indice de 185, tout à fait voisin de celui qu'on a obtenu dans l'essai de la plante entière, 172. Cette quantité de sucre correspondrait à une quantité d'aucubine de 4^g,621 pour 100^g de graines.

L'extraction du sucre et du glucoside a été faite sur 42^g de graines ramassées aux environs de Mantes, par l'un de nous, le 28 août 1921. Les graines, mûres, étaient tombées des Mélampyres desséchés et avaient été trouvées sous la mousse.

Extraction du glucoside. — On a traité les graines par l'alcool bouillant. Par évaporation de la liqueur alcoolique, on a obtenu un extrait huileux qu'on a repris par l'eau. La solution aqueuse, filtrée, évaporée à sec, a donné un extrait qu'on a repris par l'acétone à 10 pour 100 d'eau. On a évaporé la liqueur acétonique et l'on a obtenu un extrait qu'on a épuisé par l'acétone à 2 pour 100 d'eau. Le glucoside a cristallisé dans les deux premières reprises. On l'a purifié par cristallisation dans l'alcool à 90°. On a obtenu finalement 0^g,47 de produit pur, séché à l'air, présentant les propriétés suivantes :

Chauffé à l'étuve, à poids constant, il perd 5,91 pour 100 d'eau en brunissant légèrement. Son pouvoir rotatoire est de

$$\alpha_D = -165°,05 \qquad (p = 0,1444;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -4°46'),$$

ce qui donne pour le produit anhydre

$$\alpha_D = -174°,85.$$

En solution aqueuse, il est hydrolysé, à froid, par l'acide sulfurique à 3 pour 100, en donnant un précipité noir et un sucre réducteur. L'indice de réduction que l'on a obtenu est de 131.

L'émulsine l'hydrolyse également en donnant d'abord une liqueur noire dans laquelle il se fait bientôt des flocons noirs. L'indice de réduction obtenu dans cette hydrolyse est de 138.

Toutes ces propriétés sont celles de l'aucubine : le glucoside extrait des graines de *Melampyrum arvense* L. est donc bien de l'aucubine.

Extraction du sucre. — L'extrait, insoluble dans l'acétone à 10 pour 100, a été dissous à l'ébullition dans l'alcool à 95°. Au liquide alcoolique refroidi, on a ajouté un volume d'éther, ce qui a amené la formation d'un précipité. On a décanté le liquide clair, dans lequel il s'est formé des cristaux qu'on a recueillis et séchés à l'air. Ces cristaux présentaient un pouvoir rotatoire de

$$\alpha_D = +65^\circ,5 \qquad (p = 0,0585;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = +46').$$

Sous l'action de l'invertine la rotation de cette solution a passé de $+46'$ à $-14'$ en même temps qu'il se formait $0^g,6020$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3}. L'indice de réduction est 602.

Le produit obtenu est du saccharose.

En résumé, nous avons extrait des graines de *Melampyrum arvense* L. du saccharose et de l'aucubine.

En 1871, Ludwig et Muller (¹) ont retiré de ces graines un glucoside qui serait, d'après eux, identique avec la rhinanthine, retirée par Ludwig (²), en 1870, des graines de *Rhinanthus Crista-Galli* L. La rhinanthine possède, comme l'aucubine, la propriété d'être hydrolysée par l'acide sulfurique avec formation d'un précipité noir insoluble. Mais il n'est pas question, dans l'article de Ludwig, de l'action de l'émulsine sur ce glucoside. En outre, la composition centésimale de la rhinanthine, donnée par Ludwig, ne concorde pas avec celle de l'aucubine, donnée par Bourquelot et Hérissey, et la rhinanthine hydratée fournit à l'hydrolyse par les acides 63 pour 100 de sucre, alors que l'aucubine n'en fournit que 56 pour 100.

Pour élucider complètement cette question, il est donc nécessaire d'extraire, à l'état pur, le glucoside des graines de *Rhinanthus Crista-Galli* L. et de comparer ses propriétés avec celles de l'aucubine.

(¹) *Ueber ein Chromo-Glykosid im Wachtelweizen* (den Samen von *Melampyrum arvense* L.) (*Archiv. d. Pharm.*, t. 199, 1872, p. 6).

(²) *Ueber das Rhinanthin* (*Archiv. Pharm.*), t. 192, 1870, p. 199).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique du méthyl-d-mannoside α.* Note de M. H. Hérissey, présentée par M. L. Guignard.

Des expériences antérieures [1] ont montré que la méthyl-*d*-mannosidase α contenue dans la graine de luzerne germée, agissant sur le *d*-mannose, en présence d'alcool méthylique de concentration convenable, est susceptible de déterminer une réaction synthétisante, conduisant à la formation de méthyl-*d*-mannoside α. La preuve décisive de la possibilité d'une telle synthèse biochimique ne pouvait évidemment être apportée que par l'isolement du méthyl-*d*-mannoside α lui-même. L'extraction de ce principe a précisément été réalisée au cours des recherches exposées ci-après.

On a préparé 2000^{cm^3} d'une solution présentant la composition suivante, rapportée à 100^{cm^3} :

Mannose	$0^g,9418$
Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée, q. s. p. f.	100^{cm^3}

1900^{cm^3} de cette solution ont été additionnés de 76^g de poudre de luzerne germée et séchée, source de méthyl-*d*-mannosidase α, et de 19^{cm^3} de toluène (mélange 1).

100^{cm^3} de la même solution ont été simplement additionnés de 1^{cm^3} de toluène et conservés comme témoin (mélange 2).

Un troisième mélange a été préparé, qui contenait : alcool méthylique, 10^g, eau distillée, quantité suffisante pour faire 100^{cm^3}; poudre de luzerne germée et séchée, 4^g; toluène, 1^{cm^3} (mélange 3).

Les trois mélanges précédents, agités de temps à autre, ont été abandonnés pendant 125 jours, à la température du laboratoire. Examinés alors au point de vue de leur rotation polarimétrique et de leur teneur en sucres réducteurs, ils ont fourni les résultats suivants, rapportés par le calcul, au volume primitif des liqueurs :

	1.	2.	3.
Rotation ($l = 2$)	$+1°11',3$	$+16'$	$+29',3$
Sucre réducteur, exprimé en mannose, pour 100^{cm^3}	$1^g,2190$	$0^g,9418$	$0^g,6137$

Il avait donc disparu, dans le mélange 1,

$$0,9418 + 0,6137 - 1,2190 = 0^g,3365$$

[1] H. Hérissey, *Action synthétisante de la méthyl-d-mannosidase α* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1536; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. 24, 1921, p. 321).

de mannose, ce qui, d'après le calcul, doit conduire, dans l'hypothèse de la formation de méthylmannoside α, à une rotation finale de $+1°14'$. Or, on a trouvé $+1°11',3$; la concordance est donc très bonne. Les résultats de cette expérience sont d'ailleurs tout à fait en accord avec celles précédemment effectuées dans la même direction.

Isolement du méthyl-d-mannoside α. — La liqueur obtenue par filtration du mélange 1, additionnée d'un peu de carbonate de calcium, a été concentrée sous pression réduite, jusqu'aux deux tiers de son volume environ, pour éliminer complètement le toluène. Elle a été ensuite soumise à la fermentation, par la levure des boulangers, de façon à détruire le mannose libre et les autres sucres fermentescibles éventuellement apportés par le ferment. On a alors évaporé jusqu'au vingtième environ du volume primitif et additionné, à chaud, la liqueur résiduelle de 8 fois son volume d'alcool éthylique à 95^c, ce qui a déterminé la formation d'un volumineux précipité; après 24 heures, le liquide alcoolique limpide, séparé du précipité, a été évaporé à sec; on a repris l'extrait à reflux par de l'alcool à 95^c (6^{cm^3} à 7^{cm^3} pour 100^{cm^3} du mélange 1 primitif); la liqueur alcoolique a été filtrée après 24 heures au quart de son volume; elle a donné rapidement une cristallisation sur amorce de méthyl-*d*-mannoside α; le produit recueilli et séché à l'air ($0^g,12$ environ pour 100^{cm^3} de mélange 1) a été purifié par recristallisation dans 10 à 12 fois son poids d'alcool à 95^c; il a été ainsi obtenu sous forme de cristaux tout à fait incolores qui ont été séchés à l'air.

Les essais suivants montrent que le composé ainsi isolé doit être identifié avec le méthyl-*d*-mannoside α obtenu par voie purement chimique :

Il fond au bloc Maquenne exactement à la même température (193°) que ce dernier; il en est de même de son mélange avec celui-ci.

Le pouvoir rotatoire a été trouvé : $[\alpha]_D = +77°,5$ ($v = 15^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0,2775$, $\alpha = +2°,52'$); le méthyl-d-mannoside α, purifié par de nombreuses cristallisations, donne : $\alpha_D = +79°,2$.

La solution aqueuse ne réduit pas la liqueur cupro-potassique; elle ne donne aucun précipité à froid avec l'acétate de phénylhydrazine.

Le produit est hydrolysé à chaud par les acides minéraux étendus : une solution aqueuse ($\alpha = +1°26'$, $l = 2$) contenant, pour 100^{cm^3}, $0^g,925$ de corps et $2^g,50$ d'acide sulfurique, maintenue en tube scellé au bain-marie bouillant, pendant 4 heures, contenait ensuite $0^g,755$ de sucre réducteur exprimé en mannose; le calcul indiquait que, s'il s'agissait de méthyl-*d*-mannoside α, la rotation devait être devenue égale à $+21',5$ ($l = 2$); or, l'observation a donné $+20'$; l'hydrolyse n'était pas encore complètement achevée, car, alors, la liqueur aurait dû contenir $0^g,858$ de mannose. La liqueur d'hydrolyse, neutralisée par le carbonate de calcium, donnait à froid, après addition d'acétate de phénylhydrazine, un précipité d'hydrazone, caractéristique de ce dernier sucre.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le pouvoir sulfoxydant des sols.* Note de M. A. **Demolon**, présentée par M. Lindet.

Dans deux Notes antérieures ([1]), nous avons signalé quelques faits relatifs à l'évolution et à l'action fertilisante du soufre élémentaire incorporé au sol végétal. Les contributions apportées à l'étude de cette action, en France par Boullanger et Dugardin, Brioux et Guerbet, Nicolas, en Amérique par Shedd, Lipmann, Brown et Mac Lean, ont mis au premier plan l'intervention des microorganismes. Toutefois, si l'oxydation microbienne du soufre est bien établie, de nombreux points restent à élucider sur le mécanisme du phénomène, comme il a été fait par ailleurs pour la nitrification. Nous apportons ici quelques résultats d'études poursuivies dans cet esprit, avec la conviction que de patientes recherches sont encore nécessaires avant d'aborder dans de bonnes conditions le domaine des applications agricoles possibles.

Technique adoptée dans l'étude du pouvoir sulfoxydant des sols et des germes isolés. — Après avoir échoué dans nos essais en milieu liquide, même en large surface, où nous n'avons pu éviter la fermentation sulfhydrique, nous nous sommes arrêtés au mode opératoire suivant :

Dans des flacons goulot de 250^g on place 200^g de sable lavé, auquel on incorpore $0^g,500$ de soufre précipité et, dans certains cas, $0^g,500$ de carbonate de chaux précipité. On ajoute 50^{cm^3} du milieu nutritif suivant : urée, 10^g; phosphate de sodium, $0^g,500$; chlorure de calcium, $0^g,100$; chlorure de magnésium, $0^g,100$; sel de seignette, $0^g,500$; glycérine, 20^{cm^3}; eau distillée, 980^{cm^3}. On stérilise et l'on ensemence. Après 30 jours d'étuve à 25°, on extrait les sulfates formés (opération assez longue) par une solution chlorhydrique tiède à 1 pour 100.

Cette technique nous a permis d'opérer dans un milieu défini sensiblement exempt de sulfates, assez comparable au sol au point de vue aération et stérilisable.

Pouvoir sulfoxydant des divers sols. — Les microbes susceptibles d'oxyder le soufre sont présents dans tous les sols; mais leur activité est assez variable, comme le montre le Tableau suivant, donnant les résultats obtenus par ensemencement du milieu défini ci-dessus avec 2 gouttes de délayure de diverses terres (terre, 1; eau, 10).

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 524; t. 156, 1913, p. 725.

		Soufre oxydé en 30 jours par flacon de 200g.
		g
Terres de jardins	Station agronomique	0,141
	Montreuil	0,130
	Ardon	0,136
Terres de grande culture (argilo-sableuses)	Laon, route de Crécy	0,034
	Laon, sucrerie	0,057
	Charente-Inférieure, aux Noyers	0,067
	» aux Nauds	0,150
	» à la Champagne	0,025
Terre à asperges (sableuse)	Athies	0,104
Terre de prairie (sablo-humifère)	Athies	0,151

Ce sont surtout les terres légères riches en matières organiques (terres de jardins) qui nous ont donné le pouvoir sulfoxydant maximum, atteignant 75mg de soufre pour 100g de milieu. Ce sont d'ailleurs ces mêmes terres de jardins où nous avons noté antérieurement l'action la plus nette du soufre sur la végétation.

Rôle du carbonate de chaux. — Quand on opère en milieu renfermant peu d'urée (2 pour 1000), la présence de CO^3Ca active l'oxydation du soufre dans la proportion de 1 à 3. Par contre, avec 1 pour 100 d'urée, la marche de la fermentation est sensiblement la même en présence ou en l'absence de CO^3Ca. La décomposition de l'urée suffit à assurer le maintien de la neutralité du milieu.

Germes doués du pouvoir sulfoxydant. — Dans le cas des eaux on sait que ce pouvoir appartient aux sulfuraires (Thiothrix). Dans le cas du sol les microbes qui oxydent le soufre élémentaire sont des germes ammonifiants. Cette particularité explique que l'addition de soufre au sol provoque une suractivité des phénomènes d'ammonification.

Nos isolements ont été pratiqués sur les fioles ayant servi à l'étude des divers sols en nous bornant à celles où nous avions constaté une oxydation active du soufre. A cet effet, nous avons utilisé pour nos réensemencements, à l'état liquide ou gélosé, soit le milieu indiqué plus haut, soit l'urine fraîche acide diluée de moitié, qui s'est montrée très favorable. Lorsqu'on incorpore au milieu solide un peu de soufre et de sous-nitrate de bismuth, les colonies intéressantes virent progressivement au noir par formation de sulfure de bismuth.

Nous avons retenu trois germes présentant à l'état de pureté un pouvoir sulfoxydant élevé comparable à celui des sols les plus actifs : le B. fluorescens

liquef. membran., le B. mycoïdes et un troisième (nº 16). Ces germes ensemencés à l'état pur dans les mêmes conditions que plus haut ont fourni les résultats suivants :

	Soufre oxydé pour 100g de milieu.
B. fluorescens liquef. membran.	g 0,085
B. mycoïdes	0,070
B. nº 16	0,069

Un grand nombre d'autres germes isolés dans nos essais se sont montrés doués d'un pouvoir sulfoxydant léger. Cette propriété n'est donc pas bactériologiquement spécifique.

Les ensemencements avec la flore fécale humaine et avec une souche de *Proteus* d'origine intestinale ont donné un résultat négatif. La fermentation sulfurique n'est pas concomittante de la fermentation putride, mais des fermentations aérobies qui lui succèdent dans le sol.

ENTOMOLOGIE. — *La larve de* Limnophora æstuum *Villen., Diptère marin.* Note de M. **L. Mercier**, présentée par M. Bouvier.

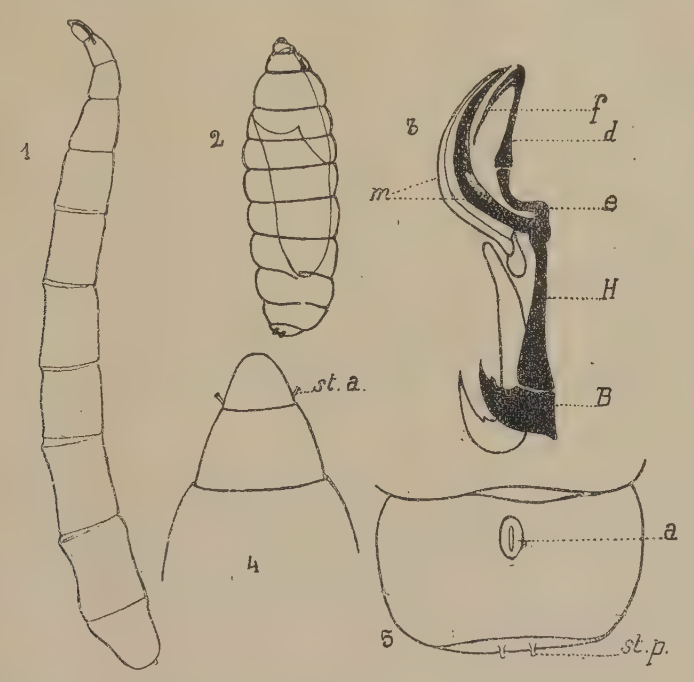
En 1902, Villeneuve [1] faisait connaître une nouvelle espèce de *Limnophora* (Dipt. *Anthomyidæ*), à laquelle il donnait le nom de *L. æstuum*. Les premiers exemplaires de cette espèce avaient été envoyés à l'éminent diptérologiste par M. Gadeau de Kerville, qui les avait capturés à Omonville-la-Rogue (Manche). Villeneuve eut ensuite la bonne fortune de recueillir lui-même, en 1902, un assez grand nombre d'exemplaires de ce Diptère au bord de la mer du Nord, à Blankenberghe (Belgique).

Au cours de chasses faites cette année sur la côte du Calvados, nous avons eu l'occasion, Villeneuve et moi, de capturer un assez grand nombre de *L. æstuum* sur la plage de Courseulles-sur-Mer. Cette espèce peut se rencontrer de juin en août; on la capture de préférence à mer baissante, sur le sable humide, tout près de l'eau. Jusqu'à présent, on ne savait que peu de chose de la biologie de ce Diptère; sa vie larvaire, en particulier, était totalement inconnue. Or j'ai recueilli, cette année, à Luc-sur-Mer, des larves qui, à l'éclosion, m'ont donné *L. æstuum*.

---

(1) Villeneuve, *Description d'une nouvelle espèce de* Limnophora *vivant au bord de la mer* (*Wiener entom. Zeit.*, 21. Jahrg. 1902, p. 197).

Caractéristiques de la larve de L. æstuum. — La larve de *L. æstuum* est du type acéphalé; elle est apode et dure au toucher. En extension, elle mesure 15^{mm} de longueur environ, et son diamètre dans la région moyenne est de 1^{mm},5 à 2^{mm}. Indépendamment de la tête, le corps (*fig.* 1) est composé de



Larve de Limnophora æstuum Villen.

Fig. 1. Larve vue de profil. — Fig. 2. La pupe. — Fig. 3. Armature bucco-pharyngienne. — Fig. 4. Les segments I, II, III, vue dorsale. — Fig. 5. Face ventrale du dernier segment.

onze segments : trois thoraciques et huit abdominaux. La tête, petite, mais bien distincte, présente quelques organes sensoriels; sur sa face inférieure se trouve la bouche. Près du bord postérieur du premier segment, il existe de chaque côté un stigmate antérieur (*fig.* 4, *st. a.*). Le dernier segment (*fig.* 5) porte sur son bord dorso-postérieur deux courts appendices stigmatifères (*st. p.*). La larve, à ce stade, est donc *amphipneustique*. L'anus (*fig.* 5 *a*) se trouve sur la face ventrale du dernier segment.

La cuticule présente, sur le bord antérieur des segments, de petites épines qui aident à la reptation.

A l'ouverture buccale fait suite un organe très complexe dont la charpente constitue l'armature bucco-pharyngienne. Comme chez le plus grand nombre des larves de Diptères cyclorhaphes, cette armature est composée

de trois parties : la pièce basilaire, la pièce intermédiaire et les pièces buccales.

La pièce basilaire ne possède pas le développement habituel signalé par Keilin (1914) [1] chez les Anthomyides. Elle est réduite (*fig.* 3 B) à deux ailes latérales portant chacune un processus dorsal dirigé en avant. Du côté central, les deux ailes sont réunies par une petite plaque faiblement chitinisée. Au niveau de la plaque basilaire, le pharynx ne présente pas de côtes longitudinales sur sa face interne.

La pièce intermédiaire, ou pièce en H des auteurs, est formée de deux longues branches fortement chitinisées (*fig.* 3 H) dont les bords ventraux sont réunis, un peu en arrière du milieu, par une mince travée transverse.

Les pièces buccales comprennent : les deux crochets mandibulaires (*m*), une paire de pièces (*e*) s'articulant respectivement d'une part avec la base du crochet correspondant et d'autre part avec l'extrémité de la pièce en H. Chacune des pièces (*e*) se continue en avant par une tigelle coudée qui s'articule avec une baguette (*d*) dentée à son extrémité libre.

Lorsqu'on examine l'armature bucco-pharyngienne par-dessous, on constate, en outre, l'existence d'une pièce impaire, faiblement chitinisée et qui est située entre les extrémités antérieures des branches de la pièce en H. J'homologue ce sclérite à la pièce hypopharyngienne des auteurs [2]. Enfin je signalerai l'existence, de chaque côté de la bouche, d'une pièce (*fig.* 3 *f*) en forme de ruban chitineux.

Données biologiques sur la larve de L. æstuum. — Les larves de *L. æstuum* sont des animaux marins. Elles vivent à un niveau qui correspond sensiblement à moitié de la zone de balancement des marées; c'est-à-dire qu'à toutes les pleines mers, elles sont recouvertes par plusieurs mètres d'eau. A Luc, ces larves affectionnent tout particulièrement les points de la côte où le facies est mi-partie rocher, mi-partie sable. A marée basse, on les trouve sous les pierres en compagnie des animaux marins caractéristiques de ce niveau.

Fréquemment, j'ai surpris des larves engagées dans des Balanes. Ce fait peut laisser supposer que la larve de *L. æstuum* est carnivore et se nourrit de ces Cirrhipèdes. Cette hypothèse paraît d'ailleurs se justifier

---

(1) Keilin, *Les formes adaptatives des larves des Anthomyides; les Anthomyides à larves carnivores* (*Bull. Soc. entom. France*, 1914, p. 496).

(2) Keilin, *Recherches sur les larves de Diptères cyclorhaphes* (*Thèse*, Paris, 1917).

par la structure de l'armature bucco-pharyngienne. En effet, cet appareil est construit sur le type que Keilin (1914) a décrit comme propre aux larves carnivores d'Anthomyides. Il est à rapprocher, en particulier, de celui de la larve de *Calliophrys riparia* Fall. qu'on trouve dans les mousses qui entourent les petites chutes d'eau et qui se nourrit de petits Oligochètes, de larves et nymphes de *Pericoma* et peut-être aussi de Gammarides.

D'autre part, la larve de *L. æstuum* ne présente pas de côtes ventrales dans le pharynx. Or, bien que Thompson (1921) (¹) ait apporté une restriction à la façon de voir de Keilin à ce sujet, il faut se souvenir que ce dernier a constaté que chez les larves carnivores de Diptères cyclorhaphes qu'il a étudiées, il n'y a jamais de côtes dans le pharynx.

Il sera intéressant de comparer la larve de *L. æstuum* aux larves des autres espèces de *Limnophora* qui, à l'état adulte, fréquentent les bords des ruisseaux. Cette étude comparative permettra vraisemblablement de mettre en évidence les caractères *préadaptatifs* qui ont permis à *L. æstuum* de s'adapter à la vie marine.

HISTOLOGIE. — *Interprétation de la profonde différenciation histologique des élytres et cirres dorsaux des Annélides Aphroditiens.* Note de M. A. MICHEL, présentée par M. Henneguy.

La structure des élytres et cirres s'est progressivement révélée complexe; j'ai déjà fourni des compléments plus précis, sur l'ensemble chez *Halosydna gelatinosa* (²), puis surtout sur le tissu fibrillaire en étendant cette étude à d'autres espèces, *Sthenelaïs Boa* (= *Idunæ*) et *Leanira Yhleni* Malmgren (³). Pour interpréter cette différenciation je viens présenter aussi des compléments sur les autres tissus.

La couche superficielle essentielle, simple tissu épithélial de revêtement, peut servir de base à cette comparaison. Les cellules en sont bien visibles par leurs noyaux; arrondis chez *H. gelatinosa*, je les ai vus lobés chez *Lagisca extenuata*, *S. Boa*, *L. Yhleni*. Les cellules se signalent moins par leurs contours polygonaux : souvent, surtout chez *H. gelatinosa*, elles ont semblé séparées par un intervalle clair, illusion tenant à ce qu'alors on n'a reconnu le corps de la cellule qu'aux ponctuations sur la cuticule de fibrilles

(¹) W.-R. THOMPSON, *Recherches sur les Diptères parasites. I. Les larves des Sarcophagidæ* (*Bull. Biol. de la France et de la Belgique*, t. 54, 1921, p. 313).

(²) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1399.

(³) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 122.

épithéliales; mais l'emploi de certains colorants met en évidence des lignes limites droites, tracées jusque sur la cuticule, et montre les cellules étroitement juxtaposées; assez grandes, elles deviennent vers les élytrophores plus petites, surtout comprimées. Ces cellules sont la plupart plates, cependant souvent avec un prolongement profond, brusque et court; mais en certains points, par exemple au niveau de l'insertion, toutes en présentent, et de taille à les rendre coniques, dirigées vers le pédoncule. Des fibrilles peuvent être produites par ces cellules depuis la cuticule jusque dans les prolongements, que finalement elles continuent.

De plus, la couche superficielle peut déjà elle-même présenter des différenciations. Elles sont assez avancées chez *H. gelatinosa :* dans la zone proche de l'insertion, les cellules sont toutes du type simple de revêtement; mais plus loin, dans presque toute l'étendue des élytres, s'y ajoutent de nombreuses cellules claires, grandes, en outre, plus ou moins saillantes vers l'intérieur, parfois même au point de se terminer pour se loger en un léger enroulement spiral; dans chaque cellule, de la partie profonde, contenant le noyau, part un réseau de filaments, surtout le long des parois; le rôle de ces cellules est probablement mécanique grâce à leur turgescence (cause de leur consistance gélatineuse). Les autres éléments épithéliaux, d'aspect granuleux, sont refoulés et comprimés par ces cellules renflées; celles-ci sont d'abord recouvertes par les bords membraneux et transparents des cellules polygonales dont la couche est encore continue; mais plus loin cette couche de revêtement devient sur les cellules utriculaires tellement mince (jusqu'à peut-être y disparaître) qu'elle ne se présente plus qu'en réseau. Celui-ci débute par des traverses rayonnantes; entre elles s'introduisent les nouvelles grandes cellules claires, soit disséminées de moins en moins, soit brusquement avec une limite tranchée sinueuse; un peu plus loin ces traverses se transforment définitivement en un réseau uniforme, à mailles remplies chacune par une de ces cellules utriculaires.

A la surface se différencient des papilles, simples ou ramifiées, surtout en franges aux bords, et des scabrilles chitineuses, variées suivant l'espèce et la région. Mais, cas particulier, les élytres de *L. Yhleni* sont lisses, dépourvus de scabrilles, et n'ayant ordinairement qu'une seule très petite papille.

La différenciation chez les diverses espèces étudiées peut produire des îlots cellulaires. Parfois ce sont des cellules isolées, ramifiées ou simples ou fibrillaires (¹). Plus souvent ils sont dus à des amas de cellules : les uns sont proches de la surface, soit nus définitivement, ou transitoirement

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1122.

pendant le développement, soit matrices de scabrilles; d'autres s'étendent plus ou moins en profondeur jusqu'à joindre les deux épithéliums dans les régions minces de l'élytre; certains plus ou moins rattachés à l'épithélium, formés de nombreuses petites cellules, sont à limites tranchées ou au contraire ramifiées; enfin, outre les amas nettement ganglionnaires, il en est de forme semblable, mais d'identité douteuse.

Ainsi la différenciation complique plus ou moins la double couche épithéliale et la couche intermédiaire. Celle-ci a été prise d'abord pour un tissu conjonctif : ce tissu fibrillaire en a bien quelques caractères; mais, d'une part, il est au contraire situé en dehors de la basale; autrement dit, lorsque la cavité générale pénètre plus ou moins dans l'élytre, il n'est pas comme le conjonctif de ce côté de la basale; d'autre part, il n'a pas les caractères ou chimiques ou de colorabilité du conjonctif proprement dit, au contraire il a ici ceux des membranes limitantes, d'ailleurs elles-mêmes à texture fibrillaire. Aussi cette couche interne a ensuite été considérée comme formée de fibrilles unissant les deux cuticules; au contraire j'ai vu ces fibrilles provenant des cellules épithéliales, intriquées, mais sans continuité avec celles de l'autre face. Encore plus exagéré a été le rapport des fibrilles avec la texture des membranes, en les considérant comme nées de la dissociation de la basale sous l'action de cellules pénétrantes : car, en plus des fibrilles épithéliales, j'ai observé des fibrilles complètement internes, elles-mêmes nucléées et en éléments fusiformes ou étoilés, et je conclus à un tissu fibrillaire propre, indépendant de l'épithélium fibrillaire, et comme celui-ci distinct du conjonctif proprement dit.

Donc l'élytre et le cirre, par leurs tissus (épithélial varié, interne fibrillaire, nerveux) naturellement ectodermiques d'origine, me semblent le rester en un ensemble, encore épidermique, quoique très différencié; le tissu fibrillaire interne ne mériterait le nom de *conjonctif* qu'avec un sens plus étendu que celui de conjonctif proprement dit : c'est la ressemblance intéressante, mais superficielle, de l'analogie, plus que la ressemblance plus profonde de l'homologie.

BIOLOGIE. — *Le déterminisme de la ponte chez un Chalcidien* Habrocytus cionicida *J.-L. Licht.* Note de M. **Jean-L. Lichtenstein**, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Note récente, M. Picard ([1]) a montré que le comportement de *Pimpla instigator* L., au moment de la ponte, est décomposable en un certain nombre de mouvements indépendants l'un de l'autre. Il en est de même chez *Habrocytus cionicida* J.-L. Licht., parasite du *Cionus thapsi* ([2]), où deux réflexes distincts déclanchent : 1° la perforation de la coque du Cione; 2° l'émission de l'œuf. Mais ces actes sont loin d'être aussi simples qu'on pourrait le penser en voyant ce qui se passe chez *Pimpla,* d'après M. Picard.

Cet auteur place le déterminisme du premier acte : perforation, dans une violente sensation olfactive. Chez *Habrocytus* au contraire, l'odorat ne semble jouer aucun rôle. Normalement le parasite perfore les coques de Cione et pond sur la larve après l'avoir paralysée ([2]). Mais aussi bien est-il incité à perforer par des coques vides, soit qu'on en ait retiré la larve, soit que l'adulte ait été libéré, et sans pour cela qu'il fût nécessaire de les enduire de sang larvaire. Bien plus, le parasite peut percer tout objet qu'il rencontre, ressemblant quelque peu à une coque. Ainsi il darde sa tarière, en dépit de tout profit pour lui ou sa larve, dans des fruits de *Verbascum*, des fruits d'asperge secs et vides, des pupes de Syrphides vides, des capitules de Composées, des cécidies d'*Asphondylia verbasci*, des nymphes de Coccinellides, des galles de *Rhodites eglanteriæ*, des fruits de Réséda, des dépouilles de chrysalides de Lépidoptères.

Si l'on mêle ces divers objets en un cristallisoir avec des coques de Cione normales, un *Habrocytus* n'est pas spécialement attiré ni excité par ces dernières; il va de l'un à l'autre en perforant au passage. Il est donc évident que ce n'est pas une sensation olfactive qui déclanche le réflexe du perforage, car s'il en était autrement, on ne s'expliquerait pas bien qu'il puisse être déterminé par des substances provoquant des sensations fort différentes les unes des autres; d'autre part, une larve de Cione à nu n'attire pas

---

([1]) F. Picard, *Le déterminisme de la ponte chez un Hymenoptère térébrant, le* Pimpla instigator (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1617).

([2]) J.-L. Lichtenstein, *Sur la biologie d'un Chalcidien* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 733).

l'*Habrocytus* qui fuit au contraire à son contact. Ainsi l'odorat ne joue pas de rôle prédominant. Il doit en être de même de la vue pour des raisons analogues : diversité des formes et couleurs des objets perforés.

Quant au dépôt de l'œuf, il n'est pas uniquement sous la dépendance d'une sensation tactile de vide ou de plein. La ponte n'est pas effectuée, si, après perforation d'une coque, la tarière rencontre le vide, mais le plein qu'elle doit ressentir n'est pas quelconque. Si l'on introduit dans une coque vide ou tout autre élément susceptible d'être perforé, une larve de Cione, ou une chenille de Lépidoptère, ou encore des larves de Cynipides, de Crabronides, de Diptères, de jeunes Araignées, celles-ci déterminent l'émission de l'œuf; dans d'autres cas la ponte n'est pas déclanchée, par exemple au contact d'un abdomen de mouche, de papier mâché, de gélatine, de fragments de cécidiés, d'un imago de Cione encore mou. Le réflexe est donc sous la dépendance d'une sensation de plein, mais d'un plein réagissant sous la piqûre, bref d'une proie vivante. Les exceptions indiquent que toute proie vivante ne déclanche pas le réflexe : les larves d'*Anobium* entre autres, que d'autre part une larve déjà paralysée peut recevoir un œuf, et même que la ponte peut avoir lieu sans qu'il y ait de larves (exemples de « l'erreur de l'instinct » d'un *Lygellus*, cité par Marchal, d'un Braconide pondant dans un capitule azoïque de Picard et Rabaud).

En général un *Habrocytus* venant d'être fécondé hésite davantage à perforer autre chose que les coques de Cione. Par contre une femelle ayant déjà effectué un certain nombre de pontes dans une coque normale, se trouve dans un état tel que les réflexes sont considérablement activés. Cette sensibilité accrue dérive de la nécessité d'éliminer les œufs et les sécrétions glandulaires. Une telle femelle est si fortement excitée à percer que la tarière est dardée à fréquents intervalles, sans même qu'aucun facteur externe y soit pour quelque chose : ainsi, mise en verre de montre, elle s'efforce à piquer le verre. On comprend par suite qu'elle puisse perforer n'importe quel objet transperçable et y pondre s'il contient une proie vivante ou même, dans certains cas d'excitation exceptionnelle, s'il se montre vide.

Ainsi, chez les femelles vierges ou venant d'être fécondées, le déterminisme de la perforation dépend de facteurs externes, probablement d'un contact ou d'un équilibre particulier. Chez celles qui ont effectué déjà un certain nombre de pontes, un facteur physiologique domine les autres; mais il n'est pas assez puissant, en général, pour provoquer l'émission de l'œuf qui est sous la dépendance de la sensation tactile d'un plein spécial.

BIOLOGIE. — *Sur les changements périodiques d'habitat du Thon commun* (Orcynus thynnus) *et sur leur liaison avec les conditions de milieu.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. L. Joubin.

Une très intéressante Communication de M. Ed. Le Danois (séance du 21 novembre 1921) vient de démontrer que le Thon blanc, ou Germon, de l'océan Atlantique, se rencontre seulement, au cours de la saison de pêche, dans les eaux ayant une température supérieure à 14° C. Le Germon serait donc sténotherme. Cette constatation précise celle du roi don Carlos de Portugal (1898-1899), qui affirmait n'avoir jamais vu de Germons dans des eaux ayant une température inférieure à 13°. Elle corrobore également mes propres recherches sur le Thon commun de la Méditerranée (1913-1918), que je complète ci-après.

La sténothermie est encore plus prononcée chez le Thon commun que chez le Germon. A l'époque de mes observations (septembre 1917), la pêche était effective dans des eaux marquant, de la surface à 25^{m} de profondeur, 20° à 22° C.; alors qu'elle était nulle ou faible dans des eaux n'ayant que 16° à 18°.

Ces constatations, faites sur des Thons erratiques pendant la pêche d'été, s'accordent avec celles que j'ai effectuées en Sardaigne sur les Thons génétiques pendant la pêche du printemps; les rendements de la pêche sont les plus considérables lorsque les eaux accusent 18° à 19°, ou davantage, que lorsqu'elles marquent 16° à 17°.

Cette sténothermie s'associe, chez le Thon commun, à une sténohalinité évidente, que le Germon paraît ne point avoir, ou qu'il possède avec moins d'intensité. Les pêches au Thon génétique dans les madragues de la Sardaigne, donnent des rendements plus considérables lorsque la salinité des eaux augmente (37,52 à 37,63), que lorsqu'elle s'établit à un taux plus bas (37,45 à 37,48). De même, mes observations m'autorisent à présumer que la diminution de la pêche du Thon, sur plusieurs points du littoral, se rattache à l'augmentation locale des apports d'eau douce dus au voisinage de grandes villes ou à des asséchements spéciaux.

Une conséquence intéressante de cette sténohalinité, associée à la sténothermie porte sur les rendements des madragues. Ces pêcheries fixes, étant montées à proximité du littoral, sont influencées par les apports d'eau douce provenant des fleuves voisins et des nappes phréatiques s'écoulant dans la mer; leurs rendements diminuent lorsque ces apports augmentent pendant la saison de pêche (mai-juin) ou immédiatement avant elle. Il en résulte une relation entre le régime des pluies locales pendant le mois d'avril et les rendements de la pêche; à un régime sec correspond habituellement une production moyenne ou forte, et à un régime humide, correspond une production plus faible. Ainsi, pour deux madragues de la Sardaigne (Porto-Senso et Isola-Piana), dans la série des années allant de 1905 à 1914 inclus, les années 1905, 1906, 1909, 1910, 1911, où la pluviométrie d'avril fut faible ($11^{mm},1$ à $22^{mm},3$), les

rendements furent élevés (9614 à 18594 Thons selon l'année); par contre, dans les années 1907, 1908, 1912, 1913, 1914, la pluviométrie fut plus forte ($32^{mm},5$ à $73^{mm},8$) et les rendements se sont montrés plus petits (5382 à 8028 Thons selon l'année).

On peut conclure de ces constatations, comme je l'ai déjà fait dans l'un de mes Mémoires (1918), que l'habitat du thon est d'ordre océanographique plutôt que d'ordre strictement topographique. Le thon commun dans la Méditerranée, et sans doute il en est de même pour le Germon dans l'Océan, se tient dans des eaux à isothermes et isohalines déterminées; c'est en elles qu'il accomplit ses migrations de rassemblement et de dispersion. Non seulement il s'y déplace selon la conduite de ces migrations, mais il suit également ces eaux dans leurs propres mouvements d'extension ou de retrait selon les saisons ou les courants.

Son habitat est variable par conséquent; il se modifie sous ces deux impulsions, d'après un rythme annuel et régulier, où l'influence des conditions de milieu joue le rôle prépondérant. J'estime en outre que ces conclusions peuvent s'appliquer aux autres poissons saisonniers à déplacements réguliers, et à la plupart des animaux moins migrateurs.

PROTISTOLOGIE. — *Microsporidies à spores sphériques.*

Note (1) de MM. **L. Léger** et **E. Hesse**, présentée par M. Henneguy.

On sait que la plupart des Microsporidies ont des spores ovoïdes ou piriformes, petites et brillantes, dont les corpuscules de Pébrine (*Nosema bombycis*) représentent le type classique. Cependant, en 1911, Chatton et Krempf, reconnaissant la nature microsporidienne des *Octosporea* Flu., nous ont fait connaître des spores bacilliformes et, en 1916, nous avons nous mêmes signalé, sous le nom de *Mrazekia*, des Microsporidies à spores tubuleuses de grande taille. Nous allons montrer aujourd'hui qu'il existe également des Microsporidies chez lesquelles la spore, toujours extrêmement petite, est parfaitement sphérique.

Nous pensons que cette forme si caractéristique de la spore justifie la création d'un genre nouveau auquel nous donnerons le nom de *Cocconema* et dont nous allons décrire brièvement plusieurs espèces parasites des animaux d'eau douce.

Dans toutes ces diverses espèces du genre *Cocconema*, la spore se montre

(1) Séance du 5 décembre 1921,

d'ailleurs avec des caractères identiques : c'est une petite boule claire et brillante à aspect de Microcoque de 2^{μ} à 3^{μ} à peine, et montrant à maturité, sur le vivant, une zone moins réfringente, circulaire ou en croissant, selon la position suivant laquelle on l'observe et correspondant, sans doute, à la vacuole postérieure des spores ovoïdes typiques. Diverses méthodes d'extrusion du filament capsulaire permettent d'obtenir la dévagination et montrent que celui-ci, souvent encore tordu en spirale après sa sortie, est plus court et plus épais que dans les spores ovoïdes.

Les spores de *Cocconema* présentent le développement et la structure fondamentale que nous avons décrits chez les spores ovoïdes typiques (1). Au début, le sporoblaste sphérique montre deux petits noyaux valvaires, un noyau capsulaire et le gros noyau du germe. Puis le filament se différencie et l'enveloppe se condense en devenant très réfringente. Dans la spore mûre, plus petite que le sporoblaste, les imprégnations argentiques montrent que le système capsulaire occupe la plus grande partie de la cavité sporale; le germe, très réduit, avec un noyau géminé, étant au pôle opposé et semblant parfois en relation avec l'appareil filamentaire.

Dans toutes les espèces de *Cocconema* que nous avons observées jusqu'ici, les spores étaient soit éparses, soit groupées en amas sphériques de nombre variable selon les espèces, mais toujours sans paroi kystique propre.

Diagnose du genre et des espèces. — *G. Cocconema* n. g. — Microsporidies à spores sphériques, très petites, cocciformes avec filament spiral assez court, diversement groupées selon les espèces, en amas sphériques ou ovoïdes non protégés par une enveloppe kystique propre.

C. micrococcus n. sp. — Spores de $1^{\mu},8$ à 2^{μ} à peine; parfois jumelées. D'abord groupées en amas sphériques de nombreux éléments et diffusant ensuite dans tout le tissu adipeux de l'hôte qui donne alors l'impression d'une culture de Microcoques. Stades schizogoniques observés dans la même région.

Habitat : Larves de *Tanypus setiger* Kieffer (Dipt.) Grenoble et Montessaux (Haute-Saône). Les larves infestées sont d'aspect laiteux et comme tuméfiées. Indolentes, elles périssent rapidement en aquarium.

C. polyspora n. sp. — Spores de 2^{μ} à $3^{\mu},20$, groupées en amas sphériques comprenant un nombre variable mais toujours assez grand d'éléments (16, 32 et plus).

Habitat : Tissu adipeux des larves de *Tanypus* spec. (Dipt.) Grenoble.

C. octospora n. sp. — Spores de $2^{\mu}10$ groupées le plus souvent par huit dans les cellules de l'épithélium intestinal des larves de *Tanytarsus* spec. (Dipt.). Ruisseaux vaseux de Grenoble.

C. slavinæ n. sp. — Spores de 3^{μ} en amas sphériques ou ovoïdes comprenant de

(1) *Ann. Un. de Grenoble*, t. 19, n° 3, 1907, et *C. R. Soc. Biol.*, Paris, 1916.

nombreux éléments, dans les cellules de l'épithélium intestinal souvent hypertrophiées, de l'hôte. Schizogonie avec stades amæbiformes dans la même région.

Habitat : Intestin de *Slavina appendiculata* Udek. (Oligoch.) Montessaux (Haute-Saône).

C'est peut-être aussi dans notre genre *Cocconema* que devra rentrer le *Glugea coccoïdea* signalé par L. Pfeiffer (1895) dans l'hypoderme de *Daphnia pulex* et *Limnetis*. En effet, bien que l'auteur ne précise pas la forme des spores, il les compare pour la taille à des Staphylocoques et le nom qu'il donne à cette espèce semble bien impliquer qu'elles sont sphériques.

Toutes ces spores de *Cocconema* rappellent d'autre part, par leur forme, leur aspect et leurs dimensions exiguës, les spores également rondes, mais toujours protégées par une enveloppe kystique, des *Chytridiopsis*, et l'on est ainsi amené à se demander s'il n'y aurait pas d'étroits rapports de parenté entre ces deux organismes. Nos observations sont encore insuffisantes pour nous prononcer sur ce point, mais le fait que nous avons observé côte à côte, chez les Blaps, des kystes chytridiopsidiens, les uns à spores sphériques, les autres à spores ovoïdes et de même ordre de grandeur, rend cette hypothèse digne de retenir l'attention.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la germination des spores du mildiou de la vigne.* Note de MM. **L. Ravaz** et **G. Vergé**, présentée par M. Pierre Viala.

L'émission et la germination des zoospores d'été du *Pl. viticola* sont liées à des conditions de milieu très étroitement limitées. Les eaux naturelles ne conviennent pas également. Les eaux de drainage et d'un puits des environs de Montpellier sont absolument réfractaires à toute émission de zoospores. Quoique provenant de terrains plantés en vignes copieusement sulfatées, il ne nous a pas été possible d'y trouver des traces appréciables de cuivre. Une eau de source d'une région non viticole de l'Allier est tout aussi défavorable; et l'eau de la ville de Montpellier, qui vient de terrains non plantés en vigne, de même que l'eau distillée dans le verre, ne donnent qu'irrégulièrement des germinations.

Ces propriétés, que des différences de conductibilité électrique ne suffisent pas à expliquer, peuvent être modifiées par des apports de petites quantités de substances diverses. L'acide sulfurique, l'acide carbonique et même du sulfate de cuivre à très faible dose suffisent parfois pour atténuer leurs propriétés stérilisantes et les rendre propres à la germination.

Par contre, dans l'eau de pluie ou de rosée, et même dans l'eau bidistillée, la germination s'effectue régulièrement.

Finalement, c'est l'eau de pluie que nous avons adoptée pour étudier l'action stérilisante de diverses substances toxiques sur les germes du mildiou de la vigne, nous rapprochant ainsi le plus possible des conditions de la nature.

Les cultures ont toutes été faites dans des verres de montre contenant $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} de la solution toxique à étudier et maintenues sous cloche, dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, à la température d'une serre chauffée. Chaque série d'essais comportait toujours des cultures dans l'eau seule.

Ici encore, pour des germes de même âge et au même état, les résultats paraissent tout d'abord un peu incohérents : dans des solutions toxiques concentrées des germinations se produisent qui n'ont pas lieu dans des solutions plus étendues. Les causes de ces divergences paraissent tenir : 1° au volume de la solution et à sa tension superficielle qui maintient les conidies seulement immergées en partie, et par suite à l'étalement du liquide; 2° et au nombre de germes mis dans chaque culture.

Et c'est sans doute à ces particularités, tant de la nature des eaux que du mode d'ensemencement, que doivent être attribués les écarts souvent considérables de toxicité signalés pour une même substance.

De nos essais, qui sont au nombre de plus de 600, il résulte que l'acide sulfurique dans l'eau de pluie arrête la germination au $\frac{1}{50000}$; le sulfate de cuivre entre $\frac{1}{300000}$ et $\frac{1}{400000}$, solutions correspondant en moyenne à $\frac{1}{1000000}$ de cuivre métal; le sulfate de chaux en solution saturée n'arrête pas la germination, et le carbonate de soude n'est actif qu'à $\frac{1}{8000}$ - $\frac{1}{7000}$.

Pour la soude et la chaux, il faut prendre quelques précautions. Les cultures, faites sous cloche humide dépouillée de l'acide carbonique, restent stériles jusqu'au $\frac{1}{70000}$ - $\frac{1}{80000}$ pour l'eau de chaux (et au $\frac{1}{20000}$ pour la soude).

Mais, dans l'air ordinaire, les solutions de chaux et de soude perdent très vite leur pouvoir toxique par suite de la carbonatation qui, pour la chaux, se révèle, après moins de *une heure d'exposition à l'air*, par la formation en surface d'une pellicule de cristaux de carbonate de chaux. Un lait de chaux à 6 pour 100 pulvérisé sur le feuillage d'une souche maintenue sous cloche humide pendant une nuit ne réagit plus à la phtaléine le lendemain. Une souche analogue, traitée au même lait de chaux, devient immédiatement d'un beau rouge au même indicateur; elle redevient incolore le lendemain si la nuit est humide; seul le tournesol passe encore très légèrement au bleu;

mais, virant au-dessous de Ph 7,07, il indique aussi bien une acidité finissante qu'une alcalinité commençante.

Il suffit donc d'un temps très court, moins d'une nuit parfois, pour que la chaux de nos bouillies cupriques soit sensiblement neutralisée. Ces faits expliquent les insuccès des bouillies où la chaux était le seul élément actif.

On a admis que les eaux atmosphériques ne peuvent dissoudre que des quantités extrêmement faibles de cuivre et, en tout cas insuffisantes pour devenir impropres à la germination des spores du *Pl. viticola*.

Cependant, si l'on examine les eaux de rosée prélevées à la surface des feuilles traitées avec une bouillie cuprique légèrement alcaline, on y trouve, dans la partie limpide, des quantités très élevées de cuivre correspondant jusqu'à $\frac{1}{10000}$ ou $\frac{1}{7000}$ de sulfate de cuivre. Les eaux de pluie qui, en tombant, ont lavé les feuilles, nous ont donné, suivant la vitesse de chute, des solutions correspondant au titre de $\frac{1}{50000}$ à $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre. Dans ces eaux aucune germination ne se produit, non seulement immédiatement après l'application de la bouillie, mais après 1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 20 jours et après des chutes successives d'eau correspondant à $19^{mm},4$, $53^{mm},1$, $0^{mm},5$ (rosée); $19^{mm},1$, $11^{mm},2$, $0^{mm},4$ (rosée); $41^{mm},4$, $92^{mm},8$, $1^{mm},8$, $0^{mm},2$ (rosée). Ceci montre, en outre, la persistance des bouillies cupro-calciques sur les feuilles. C'est seulement après les pluies torrentielles de $41^{mm},4$ et $92^{mm},8$ précitées que la presque totalité du cuivre apporté avait disparu; encore la petite quantité restante était-elle suffisante pour rendre l'eau de rosée stérile.

En résumé, la chaux en se carbonatant perd trop vite ses propriétés toxiques pour être pratiquement efficace. La bouillie cupro-calcique résiste longtemps à l'entraînement par les eaux de pluie ou de rosée, et elle leur cède des doses de cuivre très largement suffisantes pour les rendre impropres au développement des germes du mildiou.

MICROBIOLOGIE. — *Facteur de croissance dans les cultures de* Leishmania Donovani. Note de MM. **René Legroux** et **J. Jimenez**, présentée par M. Félix Mesnil.

La culture des Leishmanies s'obtient facilement *in vitro* dans un milieu nutritif contenant du sang défibriné (Novy et Mac Neal), ainsi que dans le

milieu préparé très simplement par la méthode de Ch. Nicolle (1) en incorporant le sang défibriné à de l'eau stérilisée gélosée.

Nous avons cherché quels éléments du sang étaient utilisés, de préférence, par les Leishmanies.

Les globules rouges, lavés à plusieurs reprises à l'eau physiologique isotonique, ne sont pas capables de provoquer la culture; le sérum, sans globules, permet une culture de moyenne abondance.

Au cours de nos essais, certains échantillons de sérums semblaient plus favorables à la culture que d'autres; ils provenaient de sang qui avait été défibriné lors de la saignée, tandis que les autres étaient obtenus après coagulation lente. Nous avons pensé que, pendant l'agitation du sang en présence de perles de verre pour séparer la fibrine, il pouvait y avoir une altération des globules blancs dont le contenu passant dans le sérum favorisait la culture; les parasites, dans les organismes infectés, sont du reste toujours intracellulaires, en général intraleucocytaires; ce sont des phagocytozoaires.

Guidés par cette hypothèse, nous avons préparé, au moyen de la technique indiquée par l'un de nous (2), des macérés de moelle osseuse rouge et de rate : dans ces liquides, stérilisés par passage à travers bougies Chamberland F, les Leishmanies pullulent, présentant en 4 à 6 jours de nombreuses formes allongées très mobiles. Les macérations de foie ne donnent qu'irrégulièrement des cultures très pauvres; avec le poumon, le testicule, le cerveau, le liquide amniotique, nous n'avons pu obtenir de pullulation des parasites. Le sang et les organes employés ont été prélevés sur des lapins, des moutons, des veaux, des chevaux, avec des résultats identiques.

Ces macérations sont faites à 75° pendant 20 minutes; le sérum peut être coagulé en tubes stériles : la culture est abondante dans le liquide de la partie inférieure du tube.

Ces différents extraits actifs sont altérés par un chauffage à des températures supérieures à 75°; suivant les milieux employés, une température de 90° ou de 100° les rend inaptes à la culture des Leishmanies : dans l'extrait de rate porté à 90° pendant 20 minutes, la culture n'est plus possible, tandis qu'il y a encore pullulation, très minime, dans l'extrait de moelle osseuse qui a subi pendant 20 minutes une température de 100°.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 140, 1908, p. 842.

(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 597 ; t. 170, 1920, p. 901.

Mathis avait, du reste, signalé (¹) qu'il était possible de stériliser par chauffage discontinu entre 80° et 100° les milieux de culture de Ch. Nicolle.

Le mode d'extraction de la substance leucocytaire utilisée par les Leishmanies pour leur culture *in vitro*, ainsi que la destruction de cette substance à une température voisine de 100°, la rapprochent des extraits globulaires que nous avons employés pour l'étude du bacille de l'influenza.

MÉDECINE. — *Chronaxies des nerfs sensitifs rachidiens du membre supérieur de l'homme. Égalité régionale des chronaxies sensitives et motrices.* Note (²) de MM. Georges Bourguignon et Angel Radovici, présentée par M. d'Arsonval.

Lorsqu'on excite un nerf sensitif pur ou mixte avec un courant assez fort, on détermine chez le sujet une sensation de fourmillement qui se propage le long du nerf et couvre exactement tout son territoire d'innervation sensitive. Au seuil, la sensation de fourmillement apparaît en un point très limité de ce territoire.

C'est cette propriété qui nous a permis de mesurer la chronaxie des nerfs sensitifs par excitation des troncs nerveux au membre supérieur. La technique est la même que pour les muscles et nerfs moteurs, en méthode monopolaire avec les décharges de condensateurs (³). Nous avons contrôlé quelques mesures avec le rhéotome balistique de Weiss, comme G. Bourguignon et H. Laugier l'ont fait pour les chronaxies motrices de l'homme (⁴).

I. Nous avons d'abord déterminé les points d'élection des principaux troncs nerveux sensitifs du membre supérieur (voir *fig.* 1). Nous en avons ensuite mesuré la chronaxie et nous avons vu qu'elle les classe (voir *fig.* 2) en quatre groupes, qui sont indépendants à la fois de la distribution radiculaire et de la distribution périphérique. *La distribution de la chronaxie sensitive dépend de celle des muscles et des nerfs moteurs :* LES TÉGUMENTS SONT INNERVÉS PAR DES NERFS SENSITIFS DE MÊME CHRONAXIE QUE CELLE DES MUSCLES SOUS-JACENTS. C'est ce qui ressort du tableau suivant, dans lequel nous donnons le groupement des nerfs sensitifs du membre supérieur par la chronaxie, et, en regard, la chronaxie des nerfs et muscles correspondants (⁵) :

(¹) *C. R. Soc. Biologie*, t. 71, déc. 1911, p. 538.

(²) Séance du 5 décembre 1921.

(³) G. Bourguignon, *Soc. Biol.*, 30 avril 1921.

(⁴) G. Bourguignon et H. Laugier, *Soc. Biol.*, 5 mars 1921.

(⁵) *Nota.* — La rhéobase des fibres sensitives est beaucoup plus petite que celle des fibres motrices, de sorte que, sur un nerf mixte, on obtient le seuil de la sensation bien avant la moindre contraction musculaire : cette circonstance rend très facile la

Origines radiculaires.	Nerfs sensitifs.	Chronaxies.	Groupes.	Chronaxie moyenne par groupe.	Territoires cutanés.	Chronaxie (¹) des muscles sous-jacents
	Rameau sensitif du plexus cervical.	0,00012	N° 1	0,00012	Epaule et face antérieure du bras.	0,00008 à 0,00016
$C^4C^5C^6$.	Rameau antérieur du circonflexe..	0,00012				
	Branche brachiale du nerf radial..	0,00012				
	Nerf circonflexe................	0,00012				
C^6C^7.	Rameau cutané externe du radial.	0,00016	N° 2	0,00018	Face postérieure du bras.	0,00020
	Brachial cutané interne.........	0,00020				
	Musculo-cutané..................	0,00028	N° 3	0,00030	Face antéro-interne de l'avant-bras et paume de la main.	0,00024 à 0,00032
	Médian..........................	0,00032				
	Cubital.........................	0,00032				
$C^7C^8D^1$.	Brachial cutané interne..........	0,00048	N° 4	0,00049	Face postéro-externe de l'avant-bras et face dorsale de la main.	0,00044 à 0,00060
	Branche sensitive du radial (avant-bras).........................	0,00048				
	Rameau postérieur du cubital....	0,00052				

II. Nous avons trouvé, sur la région de la peau recouvrant la face interne du long supinateur, à l'union du muscle et du tendon, un point dont l'excitation détermine une sensation profonde de fourmillements se propageant le long du tendon et se terminant par une petite sensation de choc au niveau de la styloïde radiale : il s'agit donc du filet nerveux sensitif innervant l'insertion du tendon du long supinateur à la styloïde radiale. La chronaxie de ce filet nerveux est de $0^s,00012$, c'est-à-dire la même que celle du long supinateur et du biceps, qui se contractent dans le réflexe dit « radio-périosté », qu'on déclenche justement par la percussion de la styloïde radiale. De même, le réflexe palmo-mentonnier, décrit par G. Marinesco et A. Radovici (²) met en jeu des muscles de même chronaxie que celle des nerfs sensitifs de la région excitée : l'excitation de la peau de l'éminence thénar avec une épingle fait contracter les muscles du menton et même, d'après l'observation de l'un de nous, souvent les muscles de l'éminence hypothénar. Or les muscles innervés par le facial inférieur (³) et par le médian et le cubital ont la même chronaxie que les nerfs

détermination du seuil sur tous les nerfs sensitifs, purs ou mixtes. D'autre part, il est remarquable que les seuils sensitifs ont une précision encore plus grande que les seuils moteurs, et que les écarts sont très minimes sur divers sujets et d'une expérience à l'autre sur le même sujet, pour la chronaxie.

(¹) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 68; t. 164, 1917, p. 243; *Soc. franc. d'Électroth. et Radiol.*, janvier et février 1920.

(²) G. Marinesco et A. Radovici, *Revue neurologique*, n° 3, mars 1920.

(³) G. Bourguignon et A. Tupa, *Soc. de Biologie*, 26 novembre 1921.

sensitifs de la face palmaire de la main. Nos résultats concordent avec ceux de L. Lapicque qui a montré, par l'étude du réflexe chez la grenouille, que le nerf sensitif a la même chronaxie que le nerf moteur correspon-

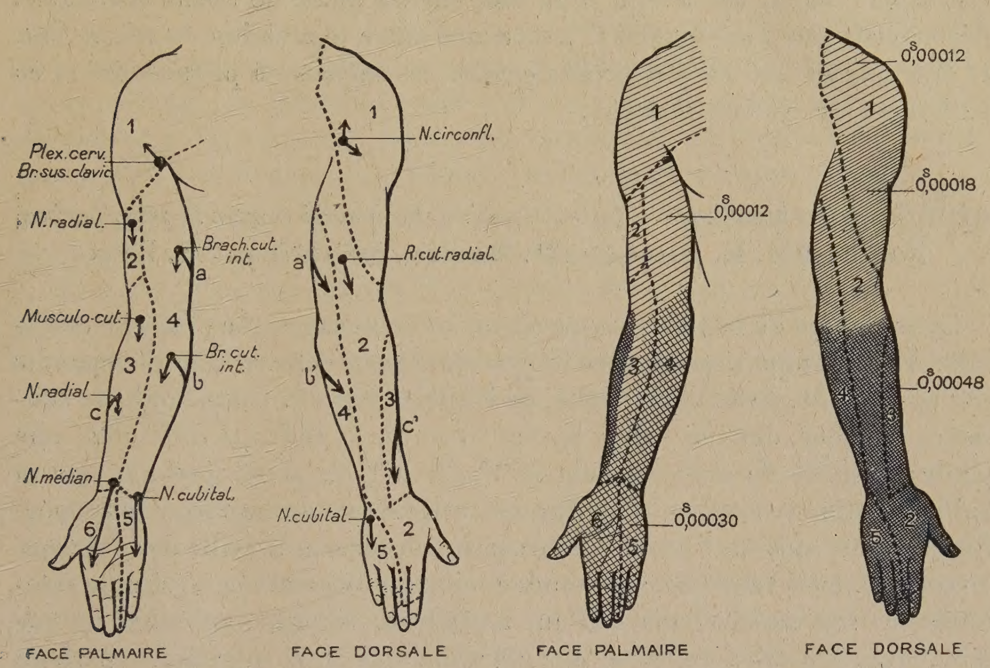


Fig. 1. — Points d'élection d'excitation des nerfs sensitifs.

Fig. 2. — Distribution régionale des chronaxies sensitives.

Points : situation de l'électrode. — Flèches : direction des fourmillements. — Lignes pointillées : territoires d'innervation périphérique (d'après Poirier). — 1. Plexus cervical et nerf circonflexe. — 2. Radial. — 3. Musculo-cutané. — 4. Brachial cutané interne. — 5. Cubital. — 6. Médian.

dant. Mais ils en diffèrent en ce que, pour provoquer le réflexe, L. Lapicque a dû faire sur le nerf sensitif des excitations itératives, tandis que nous provoquons la sensation par une excitation isolée.

De ces recherches, nous pouvons donc conclure :

1° Il y a, au membre supérieur, quatre chronaxies sensitives comme il y a quatre chronaxies motrices, et les chronaxies sensitives et motrices sont égales entre elles *pour une même région*. La classification des nerfs sensitifs par la chronaxie est associée à la classification fonctionnelle des muscles et des nerfs moteurs.

2° Cette association explique, au moins en partie, certains réflexes, comme le réflexe radio-périosté et le réflexe palmo-mentonnier.

3° Nos résultats viennent à l'appui de la théorie de L. Lapicque sur le fonctionnement nerveux élémentaire [1].

Le système nerveux apparaît comme un vaste système de résonances. Les répercussions des lésions d'un nerf sur un autre de même chronaxie, découvertes par l'un de nous [2], sont une autre expression du même fait, et démontrent que les lois générales sont les mêmes en physiologie et en pathologie du système nerveux.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *La vaccination des bovidés contre la peste bovine.* Note de MM. E. **Nicolas** et P. **Rinjard**, présentée par M. Roux.

Dans les pays où la peste bovine règne à l'état enzootique (Europe orientale, Asie, Afrique), on vaccine les bovidés contre cette redoutable maladie par la méthode, devenue classique, de Kolle et Turner. Cette méthode consiste à inoculer, dans la même séance et en deux endroits différents, une petite quantité de sang virulent ($0^{cm^3},2$ à 1^{cm^3} ou plus), prélevé sur un animal pestique en pleine hyperthermie, et du sérum antipestique en proportion variable suivant l'activité de ce sérum et suivant la taille des animaux à vacciner, mais telle que cette double injection simultanée, véritable séro-infection, soit suivie d'une « bonne » réaction. Nous comprenons sous ce nom, avec d'autres, du reste, une réaction, qui après une courte période d'incubation, ordinairement 3 à 5 jours, s'exprime uniquement par une hyperthermie pouvant atteindre 41°, compatible avec un bon état et souvent accompagnée d'un peu de larmoiement, mais sans lésions des muqueuses. Après une telle réaction, les animaux sont immunisés activement et de façon durable, comme s'ils avaient résisté à la maladie.

Cette méthode, qui, bien conduite, donne d'excellents résultats avec une mortalité infime, comporte, cependant, un inconvénient grave, celui de provoquer chez l'animal inoculé, une réaction avec l'apparition d'une peste, qui, quoique atténuée, n'en existe pas moins. Le sujet vacciné peut devenir infectant pour les animaux sains et réceptifs, de sorte que si elle n'est pas réglementée, ladite méthode multiplie les sources de virus et devient un instrument de propagation et de perpétuation de la maladie.

On peut remédier à cet inconvénient en pratiquant la vaccination par zones, mais on peut aussi l'atténuer et peut-être le faire disparaître en aug-

---

(1) L. Lapicque, *Revue générale des Sciences*, 15 février 1910.

(2) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 453.

mentant la quantité de sérum injectée de façon à réaliser une vaccination silencieuse, ainsi que cela semble résulter des faits expérimentaux que nous avons observés au cours de la mission, dont nous avons été chargés, en Belgique, lors de l'épizootie de 1920.

Nous avons constaté à diverses reprises, en effet, qu'en utilisant des doses convenables de sérums, dont la valeur était bien déterminée par rapport à un virus connu, on pouvait arriver à ne pas avoir de symptômes extérieurs décelables à l'examen des sujets. La vaccination se produisait pourtant, ainsi qu'en témoignaient l'innocuité de l'épreuve de contrôle par le virus pur et celle des injections ultérieures de doses massives de sang virulent, pratiquées dans un but d'hyperimmunisation.

Dans de telles conditions, il est permis de penser qu'une vaccination active, silencieuse au point de ne pas provoquer de réaction apparente sur les sujets neufs, ne peut perpétuer aucun foyer dangereux dans la zone où elle est appliquée. Elle devient donc, sous cette forme, la méthode de choix.

Il n'est pas douteux qu'une telle méthode offre de sérieux avantages sur la sérumisation préventive en milieu infecté et surtout menacé. Celle-ci entraîne, en effet, de sérieuses difficultés d'application, dues à la faible durée de la protection (15 jours environ); elle ne met pas à l'abri de l'évolution d'une peste atténuée et, lorsque l'infection est réalisée après ce délai, de ces cas subaigus où l'on observe les lésions habituelles de la peste chez les malades, lesquels résistent plus ou moins longtemps, tout en restant contagieux. Lorsqu'elle est généralisée, l'application du sérum à titre préventif ne peut que contribuer à l'entretien d'un foyer dangereux.

Nous jugeons à propos de faire observer que les moyens de prophylaxie scientifique, dont il vient d'être question, sont inutiles dans un pays où une bonne organisation permet d'appliquer rigoureusement les mesures de police sanitaire. Ces mesures sont suffisantes pour enrayer une épizootie de peste. C'est là un fait, et non des moindres, que la récente épizootie de Belgique a permis d'établir, en même temps qu'elle a été l'occasion de montrer combien le « typhus » était loin de revêtir le caractère de « haute » contagiosité à distance (contagion médiate) qu'on avait coutume de lui attribuer.

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1921.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. Lecomte. Tome II, fasc. 8 : *Œnothéracées*, *Samydacées*, *Homaliacées*, *Passifloracées*, *Cucurbitacées*, *Bégonaciées*, *Datiscacées et Ficoïdes*, par F. Gagnepain. Paris, Masson, 1921; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Mangin.)

Traité de Nomographie, par Maurice d'Ocagne. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. P. Appell.)

Éléments d'analyse mathématique, par Paul Appell, 4e édition. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm.

Nutrition de la plante. Formation des substances ternaires, par M. Molliard. Paris, Doin, 1921; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. L. Mangin.)

Verhandelingen van Dr P. Zeeman *over Magneto-Optische Verschijnselen*. Leiden, Eduard Ijdo, 1921; 1 vol. 25cm.

Études de Lépidoptérologie comparée, par Charles Oberthür, fasc. 18, 2e Partie. Rennes, Oberthür, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Suppression expérimentale de l'inimitié entre fourmis, par Mme Marguerite Combes. Extrait du *Bulletin de l'Institut général psychologique*, 1920; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Traité de Physiologie médico-chirurgicale, par Charles Richet et Charles Richet fils. Tomes I et II. Paris, Félix Alcan, 1921; 2 vol. 25cm.

La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta, par Louis Rougier. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm.

Notice nécrologique sur Gabriel Lippmann, par E. Bouty. Extrait des *Annales de Physique*. Paris, Masson, 1921; 1 fasc. 22cm.

Étude sur la flore et la végétation de la Champagne crayeuse. Tome I : *La végétation de la Champagne crayeuse, étude de géographie botanique*, par J. Laurent. Paris, Orlhac, 1921; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. G. Bonnier.)

(*A suivre.*)